

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, GEOTEHNIKO IN OKOLJE
TRG MLADOSTI 3, 3320 VELENJE

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA
**ALI JE MERJENJE KRVNEGA TLAKA
S PAMETNO URO ZANESLJIVO?**

Tematsko področje: TEHNIKA ALI TEHNOLOGIJA

Avtorja:

Ana Kočever, Evan Požegar, 3. letnik

Mentorja:

Jožef Hrovat, dipl. inž. stroj.

Stanislav Glinšek, inž. stroj.

Velenje, 2026

Kočevar, A., Požegar, E.: Ali je merjenje krvnega tlaka s pametno uro zanesljivo?
Raziskovalna naloga. Šola za strojništvo, geotehniko in okolje Velenje, 2026

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šoli za strojništvo, geotehniko in okolje Velenje.

Mentorja: Jožef Hrovat, dipl. inž. stroj. ; Stanislav Glinšek, inž. stroj.

Datum predstavitve: marec 2026

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2025/2026

KG krvni tlak / pametna ura / merilnik krvnega tlaka

AV Ana Kočevar, Evan Požegar

SA Jožef HROVAT, Stanislav GLINŠEK

KZ 3320, Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje

LI 2026

IN ALI JE MERJENJA KRVNEGA TLAKA S PAMETNO URO ZANESLJIVO?

TD Raziskovalna naloga

OP

IJ SL

JI sl/en

AI

V raziskovalni nalogi sva proučevala natančnost merjenja krvnega tlaka s pametno uro ter rezultate primerjala z meritvami, pridobljenimi z elektronskim merilcem krvnega tlaka, ki velja za referenčno in zanesljivo napravo za domačo uporabo. Namen raziskave je bil ugotoviti, ali so pametne ure dovolj natančne za spremljanje krvnega tlaka v vsakdanjem življenju. Meritve sva izvedla na sebi v enakih pogojih ter jih analizirala s pomočjo statističnih metod. Izračunala sva povprečna odstopanja in določila stopnjo ujemanja med obema merilnima metodama. Rezultati so pokazali, v kolikšni meri se meritve pametne ure ujemajo z meritvami standardnega merilnika ter ali so primerne za orientacijsko spremljanje krvnega tlaka. Raziskava prispeva k poglobljenemu razumevanju zanesljivosti pametnih ur pri spremljanju zdravja v vsakdanjem okolju.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2025/2026

CX blood pressure / smartwatch / blood pressure monitor

AU Ana Kočevar, Evan Požegar

AA Jožef HROVAT, Stanislav GLINŠEK

PP 3320, Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB High school for engineering, geotechnical engineering and environment

PY 2026

TI IS MEASURING BLOOD PRESSURE WITH A SMARTWATCH RELIABLE?

DT Research work

NO

LA SL

AL sl/en

AB

In this research project, we examined the accuracy of blood pressure measurements obtained using a smartwatch and compared the results with measurements from an electronic blood pressure monitor, which is considered a reference and reliable device for home use. The aim of the study was to determine whether smartwatches are sufficiently accurate for monitoring blood pressure in everyday life. Measurements were performed on ourselves under identical conditions and analyzed using statistical methods. We calculated the average deviations and determined the level of agreement between the two measurement methods. The results showed to what extent the smartwatch measurements correspond with those of the standard monitor and whether they are suitable for indicative blood pressure monitoring. The study contributes to a better understanding of the reliability of smartwatches in health monitoring in everyday environments.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 HIPOTEZE.....	1
2 CILJI	2
3 TEORETIČNE OSNOVE – O SRCU IN ŽILAH.....	2
3.1 SRCE.....	2
3.1.1 Delovanje srca	3
3.2 KRVNI TLAK.....	3
3.2.1 Sistolični krvni tlak	4
3.2.2 Diastolični krvni tlak.....	4
3.2.3 Hipertenzija	4
3.2.4 Dejavniki za nastanek hipertenzije.....	4
3.2.5 Simptomi hipertenzije	4
3.2.6 Posledice hipertenzije.....	5
3.3 VRSTE MERILNIKOV KRVNEGA TLAKA.....	5
3.3.1 Ročni merilniki krvnega tlaka	5
3.3.2 Avtomatski merilniki krvnega tlaka.....	5
3.3.3 Polavtomatski merilniki krvnega tlaka.....	6
3.4 METODE MERJENJA KRVNEGA TLAKA	6
3.4.1 Klasično (avskultatorno) merjenje	7
3.4.2 Avtomatsko (oscilometrično) merjenje.....	7
3.4.3 24-urno ambulantno merjenje (ABPM)	8
3.4.4 Domače merjenje krvnega tlaka	8
3.4.5 Invazivno merjenje (arterijska linija)	8
3.5. PRINCIPI MERJENJA KRVNEGA TLAKA	9
3.5.1 Princip merjenja krvnega tlaka z avtomatskim merilnikom.....	9
3.5.2 Princip merjenja krvnega tlaka s pametno uro	9
4 METODE DELA.....	11
4.1 OPIS IZVEDBE MERITEV	11
4.2 OPRAVLJANJE MERITEV NA URI	13
4.2.1 KALIBRACIJA URE.....	13
4.3 BELEŽENJE MERITEV	14
5 REZULTATI NAJINIH MERITEV.....	15
5.1 UPORABA EXCEL TABEL ZA STATISTIČNO ANALIZO	15
5.2 POVPREČJE SISTOLIČNEGA IN DIASTOLIČNEGA KRVNEGA TLAKA	15

5.2.1 Primerjava povprečnih vrednosti meritev sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka - oseba A	15
5.2.2 Rezultati povprečnih odstotnih odstopanj vrednosti meritev – oseba A	16
5.2.3 Rezultati povprečnih odstotnih odstopanj vrednosti meritev – oseba B	17
5.2.4 Rezultati povprečnega odstopanja vrednosti meritev v odstotkih – oseba B	18
5.3 STANDARDNI ODKLON MERITEV	18
5.3.1 Standardna deviacija – oseba A	18
5.3.2 Standardna deviacija – oseba B	19
5.4 VREDNOST 99,7 % MIN	19
5.4.1 Vrednost 99,7 % MIN – oseba A	20
5.4.2 Vrednost 99,7 % MIN – oseba B	20
5.5 VREDNOST 99,7 % MAX	21
5.5.1 Vrednost 99,7 % MAX - oseba A	21
5.5.2 Vrednost 99,7 % MAX - oseba B	21
5.6 OCENA NATANČNOSTI MERITEV Z RMSE	22
5.6.1 Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba A	22
5.6.2 Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba B	22
5.7 GRAFIČNI PRIKAZ REZULTATOV	22
5.7.1 Grafični prikaz odstopanja posameznih meritev krvnega tlaka	23
5.7.2 Grafični prikaz povprečnega odstopanja meritev	25
6 DISKUSIJA	27
6.1 STANDARDI ZA DOVOLJENA Odstopanja MERILNIKOV KRVNEGA TLAKA	27
6.1.1 Ujemanje meritev pametne ure s standardi	27
6.1.2 Omejitve standardov pri ocenjevanju pametnih ur	28
6.2 ZAKAJ SO Odstopanja MERITEV LAHKO NEVARNA	28
6.2.1 Vloga pametne ure pri spremljanju tlaka	28
6.3 RAZLIČNA NATANČNOST PRI POSAMEZNIKI	28
6.4 PRIMERJAVA Z UGOTOVITVAMI DRUGIH RAZISKAV	29
6.5 OMEJITVE RAZISKAVE	29
6.6 MOŽNOSTI IZBOLJŠAV	29
7 ZAKLJUČEK	30
8 POVZETEK	32
9 SUMMARY	33
VIRI IN LITERATURA	34
VIRI SLIK	36

ZAHVALA.....	37
PRILOGA 1.....	38
PRILOGA 2.....	42
PRILOGA 3.....	46

KAZALO SLIK

Slika 1: Merilnik krvnega tlaka.....	1
Slika 2: Pametna ura, ki smo jo uporabili za merjenje.....	2
Slika 3: Shema človeškega srca in potek krvnega obtoka.....	3
Slika 4: Srčni cikel.....	3
Slika 5: Definicija in razvrstitev krvnega tlaka (Slovenske smernice za obravnavo hipertenzije 2018).....	4
Slika 6: Ročni merilnik krvnega tlaka.....	5
Slika 7: Avtomatski merilnik krvnega tlaka.....	6
Slika 8: Polavtomatski merilnik krvnega tlaka.....	6
Slika 9: Živosrebrni merilnik krvnega tlaka.....	7
Slika 10: Aneroidni merilnik krvnega tlaka.....	7
Slika 11: Avtomatski merilnik krvnega tlaka, ki smo ga uporabili pri meritvah.....	8
Slika 12: 24-urno ambulantno merjenje krvnega tlaka.....	8
Slika 13: Arterijska linija za merjenje krvnega tlaka.....	9
Slika 14: Manšeta merilnika, ki smo ga uporabili za meritve.....	9
Slika 15: PPG senzor na pametni uri.....	10
Slika 16: PPG senzor na pametni uri, ki smo jo uporabili za meritve.....	10
Slika 17: Primer PPG signala.....	11
Slika 18: Pravilno merjenje krvnega tlaka.....	12
Slika 19: Kako sva namestila manšeto pri najinih meritvah.....	12
Slika 20: Pravilna pozicija ure.....	13
Slika 21: Položaj ure na zapestju.....	13
Slika 22: Excel tabela z rezultati meritev z uro.....	14
Slika 23: Zabeleženi podatki v aplikaciji Omron.....	14
Slika 24: Primer uporabe funkcije v Excelu.....	15
Slika 25: Ocena natančnosti meritev v skladu s standardom AAMI.....	27
Slika 26: Vgrajena manšeta na Huawei Watch D.....	29

KAZALO TABEL

Tabela 1: Povprečna odstopanja meritev - oseba A.....	16
Tabela 2: Povprečna odstopanja meritev - oseba A.....	17
Tabela 3: Povprečna odstopanja meritev - oseba B.....	17
Tabela 4: Povprečno odstopanje vrednosti meritev - oseba B.....	18
Tabela 5: Povprečno odstopanje vrednosti meritev - oseba B.....	19
Tabela 6: Standardna deviacija meritev - oseba B.....	19
Tabela 7: Vrednost 99,7 % MIN - oseba A.....	20
Tabela 8: Vrednost 99,7 % MIN - oseba B.....	20
Tabela 9: Vrednost 99,75 % MAX - oseba A.....	21

Tabela 10: Vrednost 99,75 % MAX - oseba B	21
Tabela 11: Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba A	22
Tabela 12: Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba B	22
Tabela 13: Meritve osebe A	39
Tabela 14: Meritve osebe B	41
Tabela 15: Odstopanje vsake posamezne meritve osebe A	43
Tabela 16: Odstopanje vsake posamezne meritve osebe B	45

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Meritve sistoličnega krvnega tlaka - oseba A	23
Graf 2: Meritve diastoličnega krvnega tlaka - oseba A	23
Graf 3: Meritve sistoličnega krvnega tlaka - oseba B	24
Graf 4: Meritve diastoličnega krvnega tlaka - oseba B	24
Graf 5: Povprečje meritev sistoličnega krvnega tlaka - oseba A	25
Graf 6: Povprečje meritev diastoličnega krvnega tlaka - oseba A	25
Graf 7: Povprečje meritev sistoličnega krvnega tlaka - oseba B	26
Graf 8: Povprečje meritev diastoličnega krvnega tlaka - oseba B	26

SEZNAM OKRAJŠAV

AAMI - *Association for the Advancement of Medical Instrumentation*,

- ameriška organizacija, ki razvija standarde za medicinske naprave

ANSI - *American National Standards Institute*

- nacionalni ameriški inštitut, ki potrjuje in usklajuje standarde

ISO - *International Organization for Standardization*

- mednarodna organizacija za standardizacijo, ki izdaja globalne standarde

mmHg - milimeter živega srebra

PPG - fotopletizmografija (*Photoplethysmography*)

PTT - čas prehoda pulznega vala (*Pulse Transit Time*)

1 UVOD

Statistika pravi, da ima v svetovnem merilu vsak četrty človek v starosti od 25 do 64 let povišan krvni tlak, kar je skoraj dve milijardi ljudi. V Sloveniji se po 50. letu z zvišanim krvnim tlakom srečuje skoraj vsak drugi prebivalec, s starostjo pa se odstotek zviša kar na 70 %. Redno merjenje krvnega tlaka pa je edina možnost, da hipertenzijo odkrijemo in preprečimo njene hude posledice.

Krvni tlak lahko merimo na več načinov, ki se razlikujejo po uporabljeni metodi in načinu izvajanja. Klasično merjenje poteka s pomočjo manšete in stetoskopa ter se večinoma uporablja v zdravstvenih ustanovah. Avtomatsko oziroma oscilometrično merjenje omogoča enostavno in hitro merjenje, zato je pogosto v uporabi doma. Ambulantno 24-urno merjenje zajema več zaporednih meritev čez dan in ponoči ter omogoča spremljanje krvnega tlaka v vsakdanjih razmerah. Invazivno merjenje se izvaja neposredno v arteriji in je namenjeno bolnišničnemu okolju. Merjenje z merilno uro predstavlja sodobno obliko spremljanja krvnega tlaka v vsakdanjem življenju.

Z merjenjem krvnega tlaka spremljamo delovanje srčno-žilnega sistema ter pravočasno prepoznamo odstopanja od normalnih vrednosti. Omogoča nam odkrivanje povišanega ali znižanega krvnega tlaka, oceno zdravstvenega stanja posameznika ter spremljanje učinkovitosti zdravljenja. Redno merjenje krvnega tlaka prispeva k preprečevanju zapletov, kot so srčno-žilne bolezni, možganska kap in okvare organov, ter pomaga pri ohranjanju splošnega zdravja.



Slika 1: Merilnik krvnega tlaka

1.1 HIPOTEZE

- Ali lahko merimo krvni tlak s pametno merilno uro?
- Ali vrednosti, izmerjene s pametno uro, dosegajo natančnost in skladnost, zahtevano po standardu ISO 81060-2 za merilnike krvnega tlaka za domačo uporabo?
- Ali je stopnja zaupanja dovolj visoka, da lahko uporabljamo pametno uro kot primarni vir meritev?

2 CILJI

Prvi cilj raziskave je ugotoviti, ali je s pametno uro sploh mogoče meriti krvni tlak in v kolikšni meri so takšne meritve v praksi izvedljive. Drugi cilj raziskave je preveriti, ali meritve krvnega tlaka, pridobljene s pametno uro, dosegajo zahtevano natančnost in skladnost v skladu s standardom ISO 81060-2, ki velja za merilnike krvnega tlaka za domačo uporabo, pri čemer se rezultati primerjajo z meritvami, opravljenimi po oscilometrični metodi. Tretji cilj raziskave je oceniti stopnjo zanesljivosti in zaupanja v meritve, ki jih omogoča pametna ura, ter presoditi, ali bi jo bilo mogoče uporabljati kot primarni vir za merjenje krvnega tlaka v vsakdanji ali klinični praksi. Na ta način raziskava ponuja vpogled v praktično uporabnost in omejitve sodobne tehnologije.



Slika 2: Pametna ura, ki smo jo uporabili za merjenje

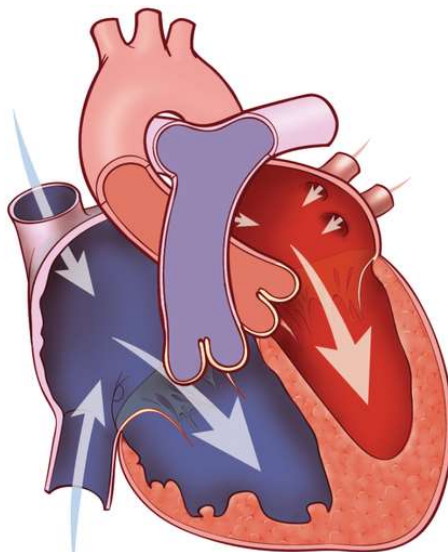
3 TEORETIČNE OSNOVE – O SRCU IN ŽILAH

Obtočila omogočajo dovajanje kisika in hranil do vseh tkiv ter odstranjevanje odpadnih snovi. Brez njihovega delovanja organi ne morejo normalno delovati. Srce se v enem dnevu skrči približno 100.000-krat in v tem času prečrpa več tisoč litrov krvi.

3.1 SRCE

Srce je votla mišica s štirimi prekati, velika približno kot človeška pest in težka okoli 300 g. Leži nekoliko levo od sredine prsne votline in je sestavljeno iz treh plasti: notranjega endokarda, srednjega miokarda in zunanjega perikarda.

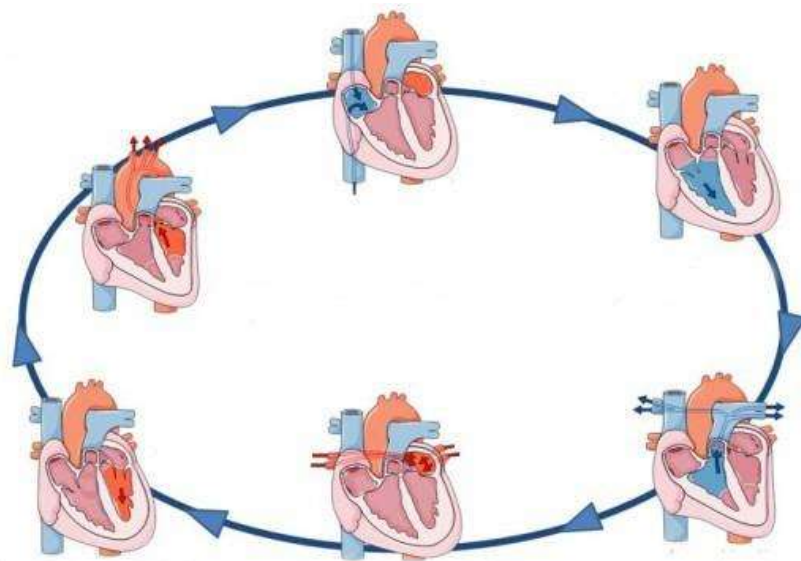
Srce je razdeljeno na levo in desno polovico, ki ju ločuje pretin (septum). Vsaka polovica ima preddvor (atrij) in prekat (ventrikel). Med njima so zaklopke, ki preprečujejo vračanje krvi in usmerjajo njen tok. V desnem srcu je trikuspidalna, v levem pa bikuspidalna zaklopka. Kri iz levega prekata teče v aorto, iz desnega pa v pljučno arterijo.



Slika 3: Shema človeškega srca in potek krvnega obtoka

3.1.1 Delovanje srca

Srčni cikel sestavljata dve fazi: sistola in diastola. Med sistolo se srce skrči in potisne kri v ožilje, med diastolo pa se sprosti in ponovno napolni s krvjo. Najprej se skrčita preddvora, nato prekata, ki kri iztisneta v aorto in pljučno arterijo. Tako je zagotovljen neprekinjen pretok krvi po telesu.



Slika 4: Srčni cikel

3.2 KRVNI TLAK

Krvni tlak predstavlja pritisk, s katerim kri deluje na stene krvnih žil, pri čemer ločimo sistolični tlak, ki nastane ob krčenju srca in diastolični tlak, ki nastane ob sprostitvi srčne mišice. Njegovo višino določata količina krvi, ki jo srce prečrpa, in upor žil, pri čemer so najvišje vrednosti v arterijah, najnižje pa v venah. Krvni tlak se čez dan spreminja, ponoči je običajno nižji, čez dan pa se zviša, zlasti ob telesni aktivnosti ali po obroku.

K njegovemu optimalnemu uravnavanju lahko veliko pripomorejo majhne spremembe življenjskega sloga, kot so redna telesna vadba, uravnotežena prehrana z manj maščob in soli ter več kalija iz naravnih virov, opustitev kajenja in omejitev alkohola ter zmanjševanje stresa. Redno merjenje krvnega tlaka doma je prav tako pomembno, saj omogoča pravočasno zaznavanje sprememb in ustrezno ukrepanje, če je potrebno tudi z zdravili.

3.2.1 Sistolični krvni tlak

Sistolični tlak je pritisk v arterijah, ko se srce stisne in potisne kri v telo. Je vedno višja številka pri merjenju krvnega tlaka (npr. pri krvnem tlaku 120/80 je 120 sistolični tlak).

3.2.2 Diastolični krvni tlak

Diastolični tlak je pritisk v arterijah, ko srce počiva med dvema utripoma. Je vedno nižja številka pri merjenju krvnega tlaka (npr. pri krvnem tlaku 120/80 je 80 diastolični tlak).

3.2.3 Hipertenzija

Arterijska hipertenzija (AH) pomeni trajno povišan krvni tlak in je eden glavnih dejavnikov tveganja za bolezni srca in ožilja. Tveganje se začne povečevati že pri vrednostih nad 120/80 mmHg. Pogostost hipertenzije narašča s starostjo, še posebej po 65. letu (Accetto, 2013).

Krvni tlak (v mm Hg)	sistolični	diastolični
Optimalen	< 120	< 80
Normalen	< 130	< 85
Visoko normalen	130–139	85–89
Blaga arterijska hipertenzija	140–159	90–99
Zmerna arterijska hipertenzija	160–179	100–109
Huda arterijska hipertenzija	> 180	> 110

Slika 5: Definicija in razvrstitev krvnega tlaka (Slovenske smernice za obravnavo hipertenzije 2018)

3.2.4 Dejavniki za nastanek hipertenzije

Med najpomembnejše dejavnike tveganja sodijo:

- starost in spol,
- kajenje,
- prekomerna telesna teža,
- sladkorna bolezen,
- telesna neaktivnost,
- stres,
- genetika.

3.2.5 Simptomi hipertenzije

Povišan krvni tlak se lahko kaže kot:

- glavobol in omotica,
- utrujenost,
- motnje spanja,
- razbijanje srca,
- občutek tesnobe ali pomanjkanje zraka.

3.2.6 Posledice hipertenzije

Dolgotrajna hipertenzija lahko povzroči resne poškodbe srca, možganov in ledvic, saj vodi v zadebelitev srčne mišice, kar lahko privede do srčnega popuščanja ali srčnega infarkta. Poleg tega hipertenzija povečuje tveganje za možgansko kap, hkrati pa lahko povzroči okvaro ledvic in motnje pri izločanju odpadnih snovi, kar dodatno ogroža zdravje posameznika.

3.3 VRSTE MERILNIKOV KRVNEGA TLAKA

3.3.1 Ročni merilniki krvnega tlaka

Ročni merilniki krvnega tlaka so klasična in še vedno pogosto uporabljena naprava, sestavljena iz napihljive manšete, stetoskopa in prikazovalnika tlaka. Manšeto namestimo na nadlaket in jo ročno napihnemo, nato počasi spuščamo tlak ter poslušamo žilne šume za določitev krvnega tlaka. Srčni utrip izmerimo s tipanjem pulza na podlakti. Prednost je visoka natančnost, slabost pa zahtevna uporaba.



Slika 6: Ročni merilnik krvnega tlaka

3.3.2 Avtomatski merilniki krvnega tlaka

Avtomatski merilniki imajo manšeto in elektronski prikazovalnik, ki samodejno napihne manšeto, izvede meritve krvnega tlaka in prikaže rezultate. Meritve lahko izvajamo na

nadlakti, podlakti ali prstu, pri čemer so najbolj natančni merilniki za nadlaket. Naprave so enostavne za uporabo in primerne za merjenje doma, slabost pa je manjša zanesljivost pri nepravilni namestitvi, vpliv telesne temperature ter meritve pri starejših osebah ali osebah z žilnimi boleznimi.



Slika 7: Avtomatski merilnik krvnega tlaka

3.3.3 Polavtomatski merilniki krvnega tlaka

Polavtomatski merilniki so kombinacija ročnih in avtomatskih naprav. Uporabnik ročno napihne manšeto, naprava pa samodejno spušča zrak in izmeri krvni tlak ter srčni utrip. Prednost je nekoliko večja natančnost, slabost pa zahtevnejša uporaba pri določenih zdravstvenih stanjih, na primer pri artritisu.



Slika 8: Polavtomatski merilnik krvnega tlaka

3.4 METODE MERJENJA KRVNEGA TLAKA

Obstajajo različne metode merjenja krvnega tlaka, ki se razlikujejo po natančnosti, uporabi in zahtevah po opremi.

3.4.1 Klasično (avskultatorno) merjenje

Ta metoda uporablja manšeto, živosrebrni ali aneroidni merilnik ter stetoskop. Krvni tlak se določa s poslušanjem Korotkovih šumov nad arterijo. Gre za zelo natančno metodo, ki velja za zlati standard, vendar zahteva strokovno znanje in mirno okolje.



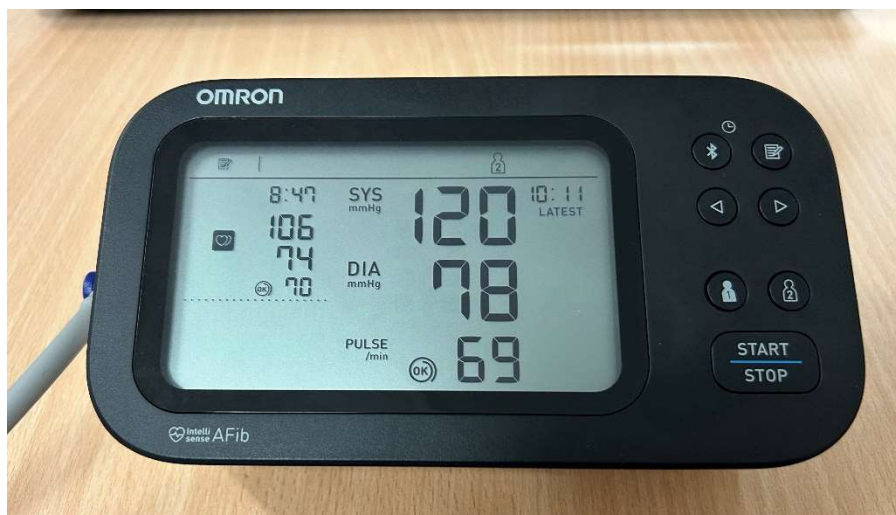
Slika 9: Živosrebrni merilnik krvnega tlaka



Slika 10: Aneroidni merilnik krvnega tlaka

3.4.2 Avtomatsko (oscilometrično) merjenje

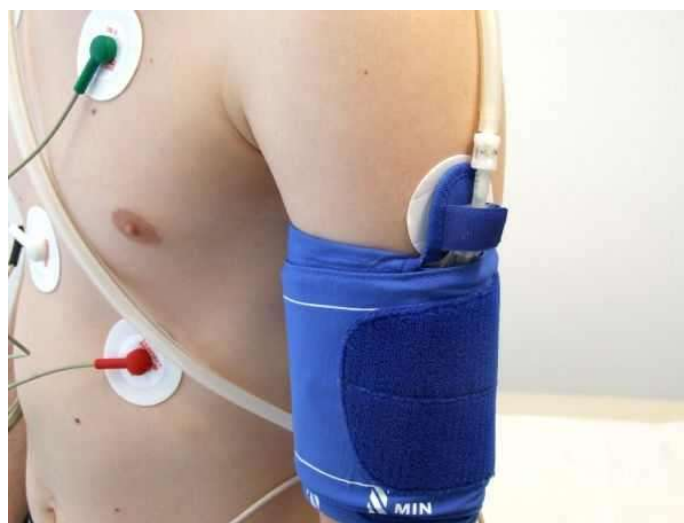
Pri tej metodi se uporablja digitalni merilnik, običajno nadlahtni ali zapestni, ki meri nihanja tlaka v manšeti. Prednost je enostavna uporaba, kar je primerno tudi za merjenje doma, medtem ko je slabost manjša natančnost pri aritmijah ali nepravilni uporabi.



Slika 11: Avtomatski merilnik krvnega tlaka, ki smo ga uporabili pri meritvah

3.4.3 24-urno ambulantno merjenje (ABPM)

ABPM uporablja prenosni merilnik, ki spremlja tlak čez dan in ponoči. Posebej se uporablja pri sumu na hipertenzijo bele halje ali nočno hipertenzijo. Prednost je najboljši vpogled v dejanski krvni tlak, slabost pa je višja cena in možnost motenj spanja.



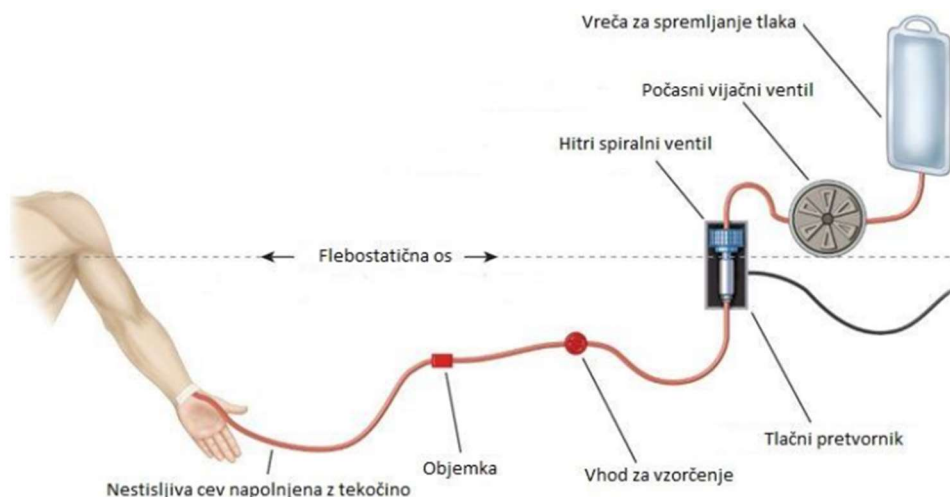
Slika 12: 24-urno ambulantno merjenje krvnega tlaka

3.4.4 Domače merjenje krvnega tlaka

Bolnik sam meri krvni tlak z nadlahtnim digitalnim merilnikom. Pomembno je redno merjenje in zapisovanje rezultatov, kar omogoča dolgoročno spremljanje in oceno učinkovitosti terapije.

3.4.5 Invazivno merjenje (arterijska linija)

Pri invazivnem merjenju se v arterijo vstavi kateter, ki omogoča stalno in zelo natančno merjenje. Metoda se uporablja predvsem na oddelkih intenzivne terapije ali med operacijami. Slabost je, da gre za invaziven poseg s tveganjem za zaplete.



Slika 13: Arterijska linija za merjenje krvnega tlaka

3.5. METODE MERJENJA KRVNEGA TLAKA

Različne naprave za merjenje krvnega tlaka temeljijo na različnih metodah delovanja. Razlike med metodami vplivajo na natančnost, zanesljivost in način uporabe meritev.

3.5.1 Metoda merjenja krvnega tlaka z avtomatskim merilnikom

Avtomatski merilnik krvnega tlaka deluje na principu merjenja nihanj tlaka v napihljivi manšeti, ki jo namestimo okoli nadlakti. Manšeto najprej napihnemo do tlaka, pri katerem se pretok krvi v arteriji začasno ustavi. Nato se tlak v manšeti postopoma spušča, pri čemer naprava zaznava nihanja tlaka, ki nastanejo zaradi utripanja arterije. Na podlagi teh nihanj merilnik z uporabo algoritma izračuna in prikaže sistolični in diastolični krvni tlak.



Slika 14: Manšeta merilnika, ki smo ga uporabili za meritve

3.5.2 Metoda merjenja krvnega tlaka s pametno uro

Pametne ure krvnega tlaka ne merijo neposredno, kot klasični merilniki z manšeto. Namesto tega uporabljajo optične senzorje in algoritme, ki zaznavajo spremembe v krvnem toku ter jih pretvorijo v oceno krvnega tlaka. Takšne ure običajno uporabljajo

fotopletizmografske (*Photoplethysmography*) - PPG senzorje, ki svetijo s svetlobnim valom, običajno rdečo ali infrardečo svetlobo, skozi kožo. Senzor zaznava majhne spremembe v pretoku krvi v kapilarah na zapestju, ki nastanejo zaradi pulza in raztezanja arterij ob srčnem utripu.

Ura na podlagi PPG signala izračuna čas prehoda pulza (*Pulse Transit Time*) – PTT, to je čas, ki ga impulz krvi potrebuje, da pride od srca do zapestja. Čas PTT je obratno sorazmeren s krvnim tlakom – višji tlak pomeni hitrejši pretok krvi in krajši PTT. Nato ura s pomočjo kalibracije z znano vrednostjo krvnega tlaka, merjeno z manšeto, in algoritmov pretvori PPG signal in PTT v oceno sistoličnega in diastoličnega tlaka.



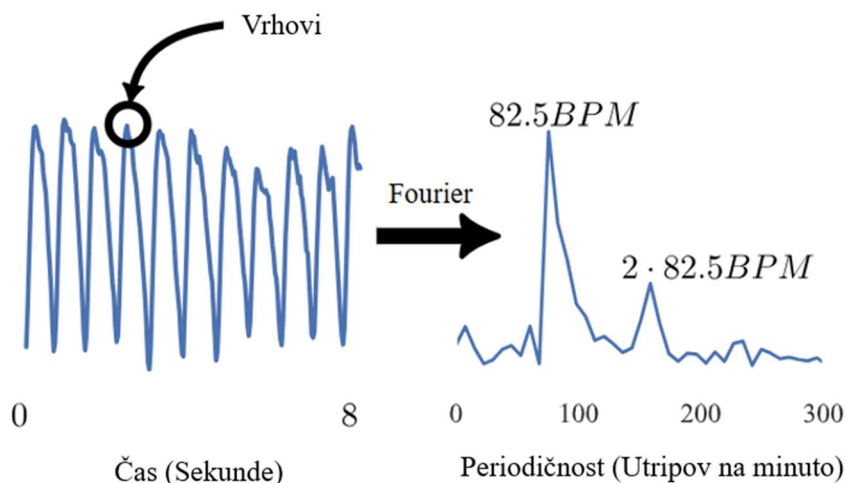
Slika 15: PPG senzor na pametni uri



Slika 16: PPG senzor na pametni uri, ki smo jo uporabili za meritve

Primer čistega fotopletizmografskega (PPG) signala je prikazan na sliki 17. Na levi strani je prikazan PPG signal v časovni domeni, ki prikazuje periodične spremembe volumna krvi, zaznane s senzorjem. Signal je stabilen in jasno sledi pulznim spremembam, ki so povezane s srčnim utripom. Na desni strani je prikazana frekvenčna analiza istega signala,

pridobljena z uporabo Fourierjeve transformacije. Izrazita dominantna frekvenca, pri kateri je zbrana večina energije signala, predstavlja osnovno frekvenco PPG signala in omogoča določitev frekvence srčnega utripa.



Slika 17: Primer PPG signala

4 METODE DELA

V raziskavi sva preverjala zanesljivost pametne ure Samsung Galaxy Watch 6 pri merjenju krvnega tlaka v primerjavi s standardnim nadlahtnim digitalnim merilnikom OMRON M6 Comfort. Meritve sva izvajala tri tedne, vsak dan ob treh različnih časih: zjutraj ob 7. uri, popoldne ob 15. uri in zvečer ob 20. uri. Pri vsaki meritvi sva krvni tlak merila hkrati z obema napravama, da sva omogočila neposredno primerjavo rezultatov.

4.1 OPIS IZVEDBE MERITEV

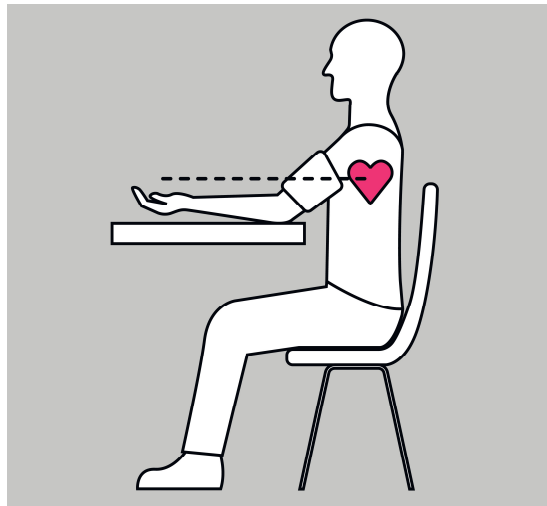
Pri merjenju sva upoštevala smernice pravilnega merjenja krvnega tlaka. Krvni tlak je treba izmeriti takoj po prebujanju in pred večerjo. Za točnost meritev se priporoča, da se meritve izvajajo vsak dan ob istem času.

Pred meritvijo:

- Pol ure pred meritvami nisva uživala hrane, kave in alkohola.
- Meritve nisva opravljala po telesnem naporu ali zaužitju zdravil.
- Pred meritvijo sva opravila malo potrebo, saj lahko napolnjen mehur poveča krvni tlak.
- Pred začetkom meritev sva počivala vsaj 3 minute v sedečem položaju, s podprtih hrbtom in nogami na tleh.

Med meritvijo:

- Med meritvijo nisva govorila, gledala televizije ali poslušala glasbe, zato da sva bila čim bolj sproščena.
- Manšeto sva namestila na nadlaket leve roke, tako da je cevka izhajala iz notranje strani komolca.
- Manšeto sva namestila na višini srca, tako da je roka počivala v udobnem položaju.



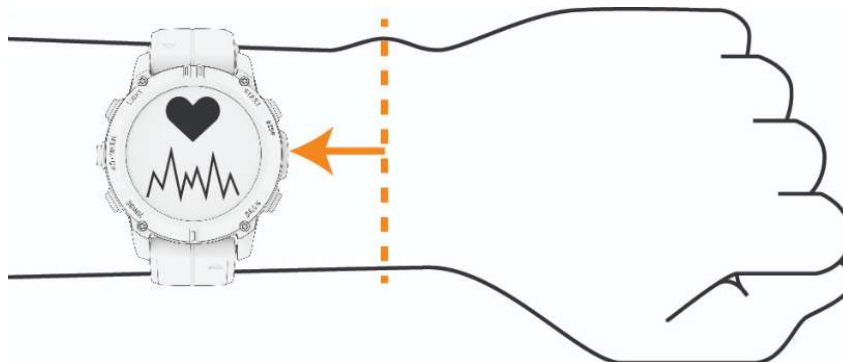
Slika 18: Pravilno merjenje krvnega tlaka



Slika 19: Kako sva namestila manšeto pri najinih meritvah

4.2 OPRAVLJANJE MERITEV NA URI

Meritve krvnega tlaka s pametno uro sva izvajala tako, da sva uro namestila na desno roko, medtem ko je klasični merilnik meril tlak na levi roki. Uro sva namestila nekoliko višje od zapestja. Med meritvami sva opazila, da pametna ura ni merila, kadar je bila koža premrzla ali če sva se pri merjenju preveč premikala, saj je bila ura nekoliko bolj občutljiva na premike.



Slika 20: Pravilna namestitve ure pri merjenju



Slika 21: Položaj ure na zapestju

4.2.1 KALIBRACIJA URE

Pred začetkom meritev sva pametno uro kalibrirala. Za kalibracijo sva opravila tri zaporedne meritve s pametno uro in tri meritve z merilnikom Omron ter jih vnesla v uro, da so bile meritve usklajene in primerljive. Kalibracijo pametne ure sva izvedla tudi pred pričetkom meritev pri osebi B, da sva zagotovila primerljivost in natančnost vseh nadaljnjih meritev.

4.3 BELEŽENJE MERITEV

Rezultate meritev, izvedenih s klasičnim merilnikom, sva beležila v aplikaciji Omron, meritve pametne ure pa v Excelovi tabeli. Kasneje sva podatke iz aplikacije združila z meritvami pametne ure v skupno Excelovo tabelo, kar je omogočilo pregledno primerjavo vseh rezultatov ter nadaljnjo statistično obdelavo in analizo.

Datum	Čas	Pametna ura
6.okt	06:00	115/75 72bpm
	15:00	117/71 84bpm
	20:00	117/72 87bpm
7.okt	06:00	116/72 82bpm
	15:00	117/71 81bpm
	20:00	117/75 79bpm
8.okt	06:00	125/73 86bpm
	15:00	122/80 88bpm
	20:00	128/74 90bpm
9.okt	06:00	123/72 86bpm
	15:00	120/75 97bpm
	20:00	131/74 89bpm

Slika 22: Excel tabela z rezultati meritev z uro

The screenshot shows four individual blood pressure measurement records from the Omron app. Each record includes a date and time, a status (Normal or Optimal), and the measured blood pressure (systolic/diastolic) and heart rate (bpm).

07 Oct 2025 20:01	Normal	122/83	81
07 Oct 2025 17:10	Normal	123/77	86
07 Oct 2025 06:41	Normal	120/72	83
06 Oct 2025 19:01	Optimal	116/78	87

Slika 23: Zabeleženi podatki v aplikaciji Omron

5 REZULTATI NAJINIH MERITEV

V tem poglavju so prikazani rezultati meritev krvnega tlaka ter izračuni odstopanj med vrednostmi, izmerjenimi z merilnikom in pametno uro. Podatki vključujejo absolutna in relativna odstopanja ter primerjave med posameznimi meritvami, kar omogoča oceno natančnosti in zanesljivosti meritev. Meritve sta opravili dve osebi, pri čemer so rezultati zaradi preglednosti ločeno označeni kot oseba A in oseba B. V prilogi 1 so prikazane vse meritve za osebo A in B.

5.1 UPORABA EXCEL TABEL ZA STATISTIČNO ANALIZO

Za izračun povprečij, odstopanj in odstopanj posameznih vrednosti smo uporabili Excelove tabele. Program Excel nam je omogočil pregledno urejanje podatkov ter uporabo vgrajenih formul za natančen in učinkovit izračun rezultatov. Podrobni izračuni in uporabljene Excelove formule so prikazani v Prilogi 3.

The image shows a screenshot of an Excel formula bar. The formula entered is `=AVERAGEIF(H2:H61; "<0")`. The formula is displayed in a blue font on a white background, with a light gray border around the text area.

Slika 24: Primer uporabe funkcije v Excelu

5.2 POVPREČJE SISTOLIČNEGA IN DIASTOLIČNEGA KRVNEGA TLAKA

Za vsako opravljeno meritev sva vrednost, ki je bila izmerjena s pametno uro, odštela od ustrezne meritve merilnika, ki je bila opravljena istega dne ob istem času. Tako sva dobila odstopanje meritev sistoličnega in diastoličnega tlaka za vsako posamezno meritev. Nato sva izračunala povprečje teh odstopanj. Povprečja sva ločila, razdelila na dve skupini. V prvi skupini so meritve, pri katerih so meritve, opravljene z uro, višje od meritev, opravljenih z merilnikom, v drugi skupina pa so prikazane meritve, kjer smo zabeležili odstopanja navzdol. Nato sva za sistolični in diastolični tlak izračunala absolutno vrednost pozitivnih in negativnih odstopanj.

V prilogi 2 so prikazana vsa posamična odstopanja in relativna odstopanja meritev za osebo A in osebo B.

5.2.1 Primerjava povprečnih vrednosti meritev sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka - oseba A

Pri osebi A je bil povprečen izmerjen sistolični krvni tlak, izmerjen s pametno uro, 117,18 mmHg, z merilnikom pa 118,98 mmHg. Povprečen izmerjen diastolični krvni tlak, izmerjen s pametno uro, je znašal 77,33 mmHg, z merilnikom pa 78,83 mmHg.

Povprečen sistolični krvni tlak, izmerjen s pametno uro, je presegal meritve, opravljene z merilnikom, v višini 4,06 mmHg. V primerih, ko so meritve merilnika presegale meritve ure, pa je bil povprečen odstopok 4,02 mmHg. Na podlagi vseh razlik je bilo izračunano tudi povprečno absolutno odstopanje, ki znaša 4,04 mmHg in prikazuje povprečno velikost razlike med obema načinoma merjenja, ne glede na smer odstopanja.

Pri diastoličnem krvnem tlaku so meritve pametne ure v posameznih primerih pokazale višje vrednosti od merilnika, kar je predstavljalo pozitivna odstopanja v povprečni višini 4,76 mmHg. V primerih, ko so bile višje vrednosti izmerjene z merilnikom, pa je povprečno negativno odstopanje znašalo 5,08 mmHg. Na podlagi vseh razlik je bilo izračunano povprečno absolutno odstopanje 4,92 mmHg, ki odraža povprečno velikost razlike med obema načinoma merjenja, ne glede na smer odstopanja.

	Odstopanja (mmHg)	Absolutno odstopanje (mmHg)
Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	4,06	4,04
Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	-4,02	
Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlaka	4,76	4,92
Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlaka	-5,08	

Tabela 1: Povprečna odstopanja meritev - oseba A

5.2.2 Rezultati povprečnih relativnih odstopanj vrednosti meritev – oseba A

Pri sistoličnem krvnem tlaku sva izračunala tudi povprečna relativna odstopanja vrednosti, ki prikazujejo, za koliko odstotkov so meritve ure v povprečju presegale vrednosti, ki so bile izvedene z merilnikom Omron. Kadar je pametna ura izmerila višji sistolični tlak, je povprečno pozitivno odstopanje znašalo 4,54 %. V primerih, ko je merilnik pokazal višje vrednosti, pa je povprečno negativno odstopanje znašalo 3,32 %. Na podlagi vseh razlik je bilo izračunano še povprečno absolutno odstopanje, ki znaša 3,43 % in predstavlja povprečno relativno razliko med obema načinoma merjenja.

Pri diastoličnem krvnem tlaku so bila relativna odstopanja izračunana na enak način. Povprečno pozitivno odstopanje, kadar je pametna ura pokazala višje vrednosti, znaša 6,25 %, medtem ko povprečno negativno odstopanje, kadar je merilnik izmeril višje vrednosti, znaša 6,30 %. Iz vseh razlik sva izračunala tudi povprečno odstotno odstopanje, ki znaša 6,28 % in prikazuje povprečno odstopanje vrednosti meritev, opravljenih z uro, od meritev, opravljenih z merilnikom. V prilogi 2 so prikazana vsa posamična relativna odstopanja meritev za osebo A.

	povprečno odstotno odstopanje vrednosti	Povprečno absolutno odstopanje vrednosti
Pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	3,54 %	3,43 %
Negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	-3,32 %	
Pozitivno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlaka	6,25 %	6,28 %
Negativno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlak	-6,30 %	

Tabela 2: Povprečna odstopanja meritev - oseba A

5.2.3 Rezultati povprečnih relativnih odstopanj vrednosti meritev – oseba B

Pri osebi B je bil povprečen izmerjen sistolični krvni tlak, izmerjen s pametno uro, 119,48 mmHg in 120,68 mmHg z merilnikom. Povprečen diastolični tlak, izmerjen s pametno uro, je znašal 75,80 mmHg in 77,183 mmHg z merilnikom.

Pri sistoličnem krvnem tlaku so bila pozitivna odstopanja 3,59 mmHg, negativna odstopanja 4,19 mmHg, povprečno absolutno odstopanje pa znaša 3,89 mmHg. Pri diastoličnem krvnem tlaku so bila pozitivna odstopanja 3,71 mmHg, negativna odstopanja 4,60 mmHg, povprečno absolutno odstopanje pa znaša 4,16 mmHg.

	Odstopanja (mmHg)	Absolutno povprečno odstopanje (mmHg)
Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	3,59	3,89
Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	-4,19	
Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlaka	3,71	4,16
Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlak	-4,60	

Tabela 3: Povprečna odstopanja meritev - oseba B

5.2.4 Rezultati povprečnega relativnega odstopanja meritev - oseba B

Pri sistoličnem krvnem tlaku so bila povprečna pozitivna relativna odstopanja 3,07 %, negativna relativna odstopanja 3,40 %, povprečno absolutno odstotno odstopanje pa znaša 3,24 %. Pri diastoličnem krvnem tlaku so bila povprečna pozitivna relativna odstopanja 5,04 %, negativna relativna odstopanja 5,79 %, povprečno absolutno odstotno odstopanje pa znaša 5,41 %.

	Povprečno odstotno odstopanje vrednosti	Povprečno absolutno odstopanje vrednosti
Pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	3,07 %	3,24 %
Negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega krvnega tlaka	-3,40 %	
Pozitivno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlaka	5,04 %	5,41 %
Negativno odstopanje vrednosti ure - diastoličnega krvnega tlak	-5,79 %	

Tabela 4: Povprečno odstopanje vrednosti meritev - oseba B

5.3 STANDARDNI ODKLON MERITEV

Standardni odklon (standardna deviacija) je statistični kazalnik, ki meri razpršenost podatkov okoli aritmetične sredine. Pokaže, v kolikšni meri posamezne vrednosti odstopajo od povprečne vrednosti. Manjši standardni odklon pomeni, da so podatki bolj zbrani okoli povprečja, večji pa, da so med seboj bolj razpršeni. Standardni odklon se pogosto uporablja pri analizi podatkov, saj omogoča boljše razumevanje njihove variabilnosti.

Standardno deviacijo izračunamo po enačbi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

x_i = izmerjena vrednost

\bar{x} = povprečna vrednost

n= število meritev

5.3.1 Standardna deviacija - oseba A

Standardni odklon sistoličnega krvnega tlaka, izmerjenega s pametno uro, znaša 5,29 mmHg, medtem ko standardni odklon diastoličnega krvnega tlaka znaša 4,64 mmHg. Ti

rezultati prikazujejo stopnjo razpršenosti meritev, pridobljenih s pametno uro, glede na njihovo povprečno vrednost.

Pri meritvah krvnega tlaka z merilnikom standardni odklon sistoličnega tlaka znaša 6,05 mmHg, standardni odklon diastoličnega tlaka pa 4,16 mmHg. Na podlagi primerjave standardnih odklonov obeh merilnih metod je mogoče oceniti natančnost in doslednost meritev ter ugotoviti, katera metoda daje bolj stabilne rezultate.

	Standardna deviacija (mmHg)
sistolični tlak (ura)	5,29
sistolični tlak (Omron)	6,05
diastolični tlak (ura)	4,64
diastolični tlak (Omron)	4,16

Tabela 5: Standardna deviacija meritev - oseba B

5.3.2 Standardna deviacija - oseba B

Standardni odklon sistoličnega krvnega tlaka, izmerjenega s pametno uro, znaša 2,74 mmHg, standardni odklon diastoličnega tlaka pa 3,83 mmHg. Pri meritvah z merilnikom je standardni odklon sistoličnega tlaka 3,38 mmHg, standardni odklon diastoličnega tlaka pa 3,36 mmHg.

	Standardna deviacija (mmHg)
sistolični tlak (ura)	2,74
sistolični tlak (Omron)	3,83
diastolični tlak (ura)	2,55
diastolični tlak (Omron)	3,36

Tabela 6: Standardna deviacija meritev - oseba B

5.4 VREDNOST 99,7 % MIN

Vrednost 99,7 % MIN, oziroma spodnja meja za 99,7 % podatkov, predstavlja najnižjo vrednost intervala, v katerem se nahaja približno 99,7 % vseh izmerjenih podatkov. To pomeni, da skoraj vse meritve ležijo nad to vrednostjo, le zelo malo jih je nižjih. V praksi to pomaga razumeti, kako nizke so lahko posamezne meritve glede na celoten nabor podatkov in nam omogoča oceno skrajnih odstopanj. V kombinaciji s povprečjem in standardnim odklonom je ta vrednost uporabna za analizo razpršenosti podatkov in za ugotavljanje, ali so posamezne meritve blizu običajne vrednosti ali pa so izrazito nižje. Na ta način lahko natančneje predstavimo rezultate meritev in ocenimo zanesljivost merilnih metod.

5.4.1 Vrednost 99,7 % MIN - oseba A

Pri meritvah krvnega tlaka, izvedenih s pametno uro, je spodnja meja, ki zajema približno 99,7 % vseh izmerjenih vrednosti, znašala 101,53 mmHg za sistolični in 63,41 mmHg za diastolični krvni tlak. Večina z uro izmerjenih vrednosti je bila nad temi spodnjimi mejami, kar pomeni, da so bile običajno višje od minimalnih vrednosti, le redke posamezne meritve so bile nižje in so predstavljale izjeme. Pri primerjavi z merilnikom krvnega tlaka Omron so bile vrednosti nekoliko višje, spodnja meja za sistolični tlak je znašala 100,83 mmHg, za diastolični pa 66,39 mmHg.

Ti podatki kažejo, da se meritve pametne ure in merilnika Omron med seboj nekoliko razlikujejo, pri čemer Omron običajno beleži nekoliko višje vrednosti.

	99,7 % MIN (mmHg)
sistolični tlak (ura)	101,54
sistolični tlak (Omron)	100,83
diastolični tlak (ura)	63,41
diastolični tlak (Omron)	66,39

Tabela 7: Vrednost 99,7 % MIN - oseba A

5.4.2 Vrednost 99,7 % MIN - oseba B

Pri meritvah s pametno uro je spodnja meja, ki zajema približno 99,7 % vseh izmerjenih vrednosti, znašala 111,28 mmHg za sistolični in 68,16 mmHg za diastolični krvni tlak. Pri merilniku Omron je spodnja meja meritev znašala 109,19 mmHg za sistolični in 67,11 mmHg za diastolični krvni tlak.

	99,7% MIN (mmHg)
sistolični tlak (ura)	111,28
sistolični tlak (Omron)	109,19
diastolični tlak (ura)	68,16
diastolični tlak (Omron)	67,11

Tabela 8: Vrednost 99,7 % MIN - oseba B

5.5 VREDNOST 99,7 % MAX

Vrednost 99,7 % MAX, oziroma zgornja meja za 99,7 % podatkov, predstavlja najvišjo vrednost intervala, v katerem se nahaja večina izmerjenih podatkov. To pomeni, da so skoraj vse meritve enake ali nižje od te vrednosti, le redke posamezne meritve so višje. V praksi ta vrednost omogoča oceno, kako visoka so lahko skrajna odstopanja, in pomaga pri analizi razpršenosti podatkov ter pri oceni zanesljivosti merilnih metod.

5.5.1 Vrednost 99,7 % MAX - oseba A

Pri meritvah krvnega tlaka, izvedenih z uporabo pametne ure, je zgornja meja, ki zajema približno 99,7 % vseh izmerjenih vrednosti, znašala 133,24 mmHg za sistolični in 91,26 mmHg za diastolični krvni tlak. Večina z uro izmerjenih vrednosti je bila pod tema zgornjima mejama, kar pomeni, da so bile večinoma v okviru običajnih vrednosti, le nekaj posameznih meritev je preseglalo to zgornjo mejo in predstavljalo nadpovprečne vrednosti.

Pri primerjavi z merilnikom krvnega tlaka Omron so bile zgornje meje nekoliko drugačne; za sistolični tlak je znašala 137,14 mmHg, za diastolični pa 91,38 mmHg.

	99,7 0 MAX (mmHg)
sistolični tlak (ura)	133,24
sistolični tlak (Omron)	137,14
diastolični tlak (ura)	91,26
diastolični tlak (Omron)	91,38

Tabela 9: Vrednost 99,75 MAX - oseba A

5.5.2 Vrednost 99,7 % MAX - oseba B

Pri meritvah s pametno uro je zgornja meja za 99,7 % podatkov znašala 127,69 mmHg za sistolični in 83,45 mmHg za diastolični tlak. Večina meritev je bila pod tema mejama, le redke so jih presegle. Pri merilniku Omron so bile zgornje meje nekoliko drugačne, 120,68 mmHg za sistolični in 87,26 mmHg za diastolični krvni tlak.

	99,7 0 MAX (mmHg)
sistolični tlak (ura)	127,69
sistolični tlak (Omron)	120,68
diastolični tlak (ura)	83,45
diastolični tlak (Omron)	87,26

Tabela 10: Vrednost 99,75 MAX - oseba B

5.6 OCENA NATANČNOSTI MERITEV Z RMSE

Za oceno natančnosti meritev pametne ure smo izračunali RMSE (Root Mean Square Error), oziroma koren povprečne kvadratne napake za sistolični in diastolični krvni tlak. RMSE predstavlja povprečno velikost odstopanj med meritvami ure in referenčnim merilnikom, pri čemer večja odstopanja bolj vplivajo na rezultat. Nižja vrednost RMSE nakazuje bolj natančne in dosledne meritve pametne ure v primerjavi z merilnikom.

RMSE sva uporabila kot kazalnik splošne natančnosti, ker združuje vsa odstopanja v eno vrednost in bolj poudari večje napake.

5.6.1 Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba A

RMSE za sistolični krvni tlak je znašal 4,17 mmHg, za diastolični pa 5,24 mmHg, kar predstavlja povprečno odstopanje meritev pametne ure od vrednosti, izmerjenih z merilnikom.

RMSE sistolični tlak (mmHg)	4,17
RMSE diastolični tlak (mmHg)	5,24

Tabela 11: Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba A

5.6.2 Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba B

RMSE za sistolični krvni tlak je znašal 4,20 mmHg, za diastolični pa 4,32 mmHg, kar predstavlja povprečno odstopanje meritev pametne ure od vrednosti, izmerjenih z merilnikom.

RMSE sistolični tlak (mmHg)	4,20
RMSE diastolični tlak (mmHg)	4,32

Tabela 12: Ocena natančnosti meritev z RMSE - oseba B

5.7 GRAFIČNI PRIKAZ REZULTATOV

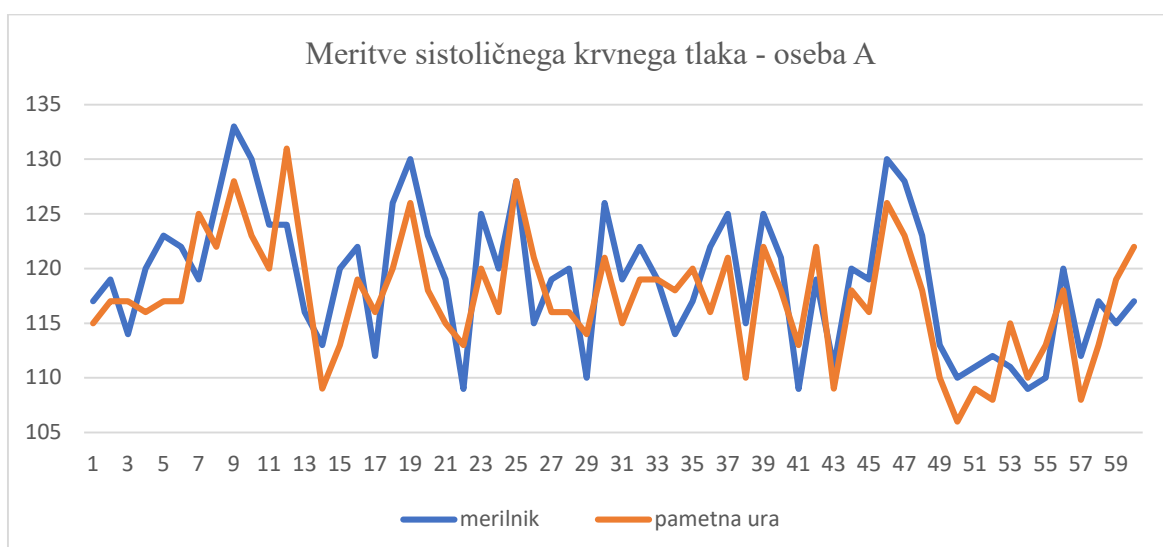
Za boljši pregled rezultatov sva podatke meritev krvnega tlaka prikazala tudi v grafični obliki. Grafični prikazi omogočajo lažjo primerjavo med meritvami, opravljenimi s pametno uro, in meritvami, izvedenimi z merilnikom krvnega tlaka Omron, ter prispevajo k jasnejši razlagi razlik med obema načinoma merjenja.

S črtnimi grafi sva prikazala odstopanja meritev krvnega tlaka za vsako posamezno meritev za diastolični in sistolični krvni tlak. Grafi omogočajo vpogled v spreminjanje odstopanj med posameznimi meritvami ter prikazujejo, ali so razlike med meritvami enakomerno razporejene ali pa se v določenih obdobjih povečujejo.

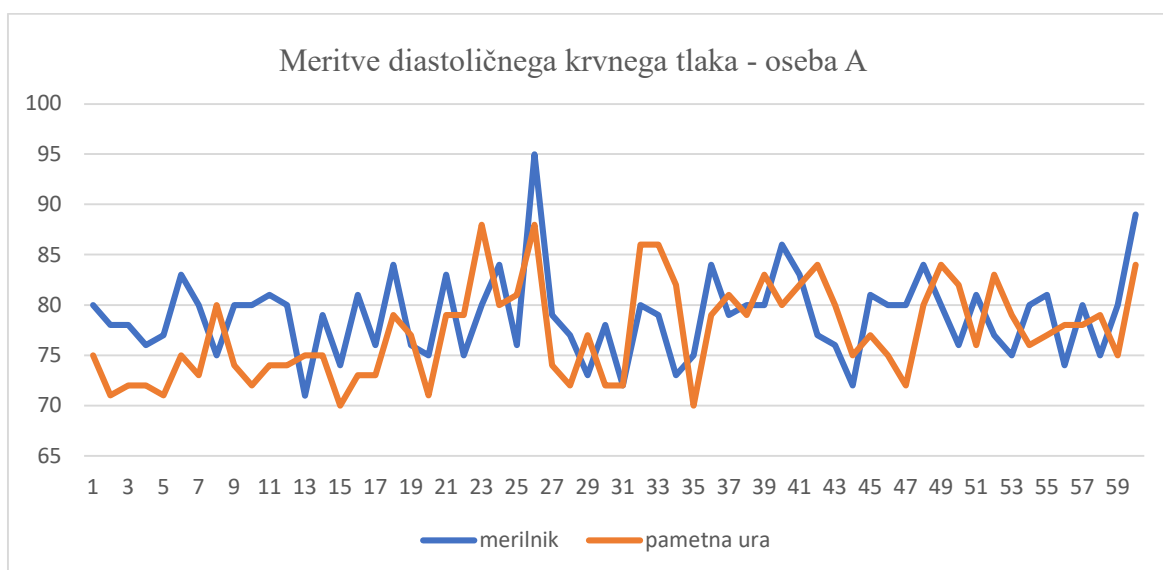
S stolpčnimi grafi sva predstavila povprečne vrednosti odstopanja sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka, kar omogoča pregledno povprečno primerjavo rezultatov meritev, opravljenih z obema napravama.

5.7.1 Grafični prikaz odstopanja posameznih meritev krvnega tlaka

Pri osebi A so se posamezne meritve pametne ure opazno razlikovale od referenčnih meritev merilnika Omron. Pri sistoličnem krvnem tlaku so bile razlike med posameznimi meritvami ure in merilnika razpršene med -7 mmHg in $+7$ mmHg, pri diastoličnem tlaku pa med -8 mmHg in $+9$ mmHg. Grafični prikaz teh odstopanj omogoča bistveno jasnejši vpogled kot v tabelah, saj vizualno poudari, kdaj pametna ura meri višje vrednosti od merilnika in kdaj nižje. V grafu so odstopanja med napravama izraziteje vidna, kar omogoča hitrejšo prepoznavanje vzorcev ter natančnejšo interpretacijo merilnih razlik.

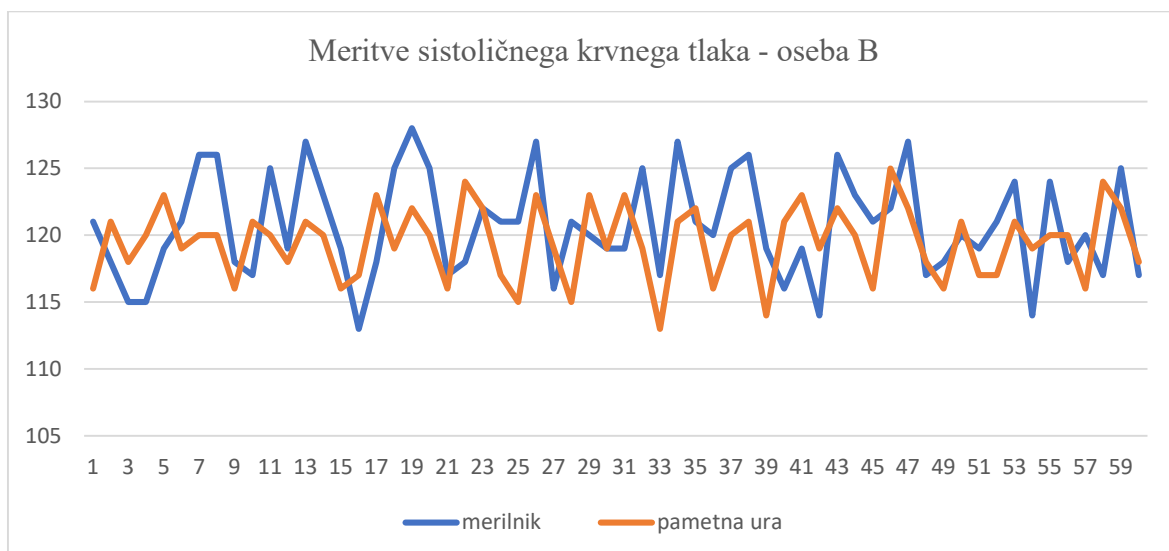


Graf 1: Meritve sistoličnega krvnega tlaka - oseba A

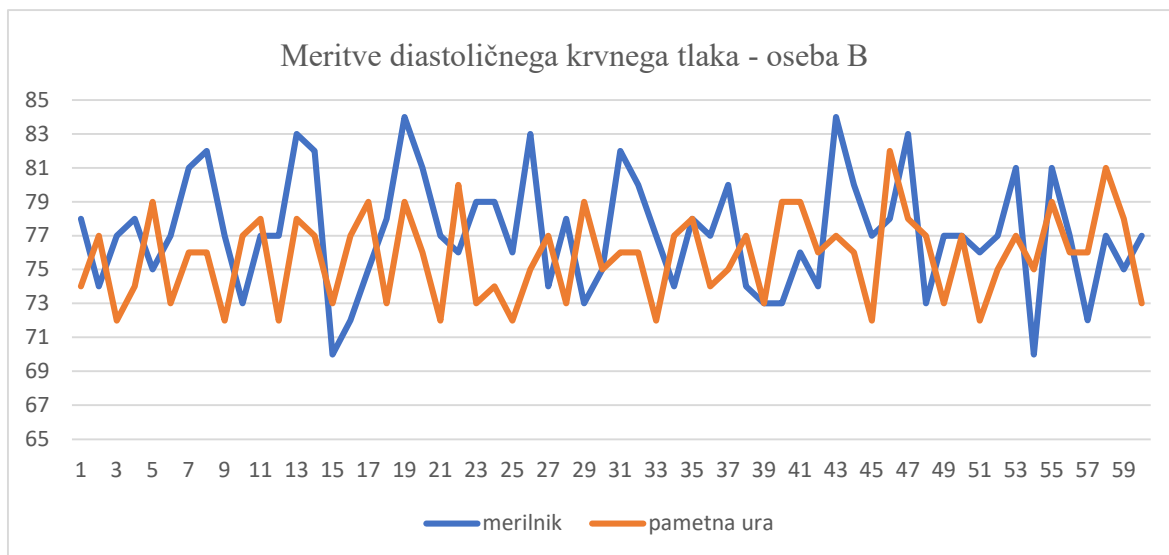


Graf 2: Meritve diastoličnega krvnega tlaka - oseba A

Pri osebi B so se posamezne meritve pametne ure prav tako razlikovale od referenčnih meritev merilnika Omron. Pri sistoličnem krvnem tlaku so bila odstopanja med posameznimi meritvami razpršena približno med -6 mmHg in $+7$ mmHg, pri diastoličnem tlaku pa med -8 mmHg in $+6$ mmHg.



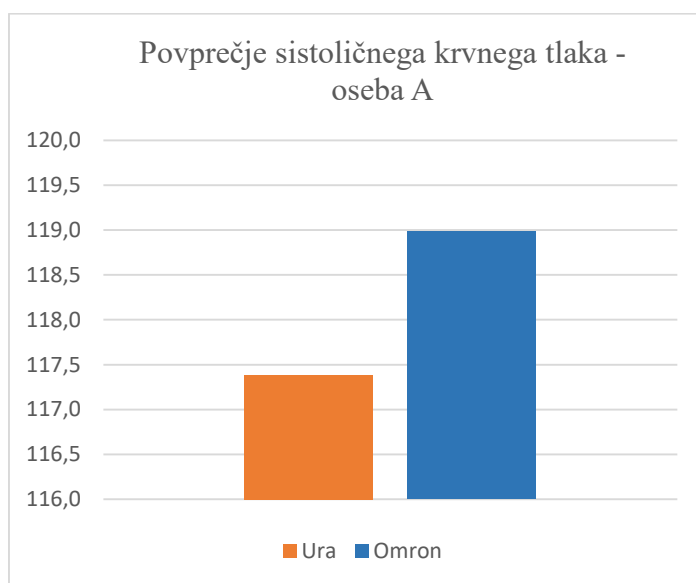
Graf 3: Meritve sistoličnega krvnega tlaka - oseba B



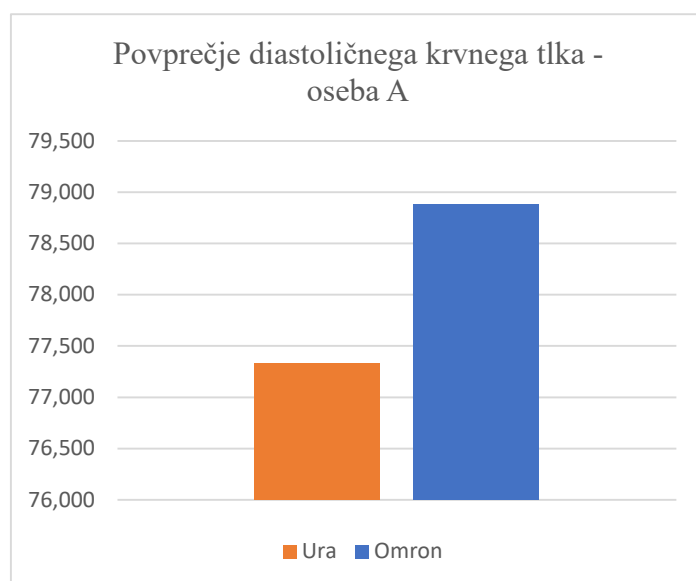
Graf 4: Meritve diastoličnega krvnega tlaka - oseba B

5.7.2 Grafični prikaz povprečnega odstopanja meritev

Pri osebi A so se povprečne meritve pametne ure nekoliko razlikovale od povprečnih meritev referenčnega merilnika Omron. Povprečni sistolični tlak je bil pri pametni uri 117,38 mmHg, pri merilniku Omron pa 118,98 mmHg, medtem ko je pri diastoličnem tlaku ura izmerila 77,33 mmHg, Omron pa 78,88 mmHg. Razlike so majhne, a kažejo na rahlo odstopanje povprečnih meritev med napravama. S stolpčnimi grafi sva prikazala povprečna odstopanja sistoličnega in diastoličnega tlaka ter tako omogočila pregledno primerjavo rezultatov obeh naprav.

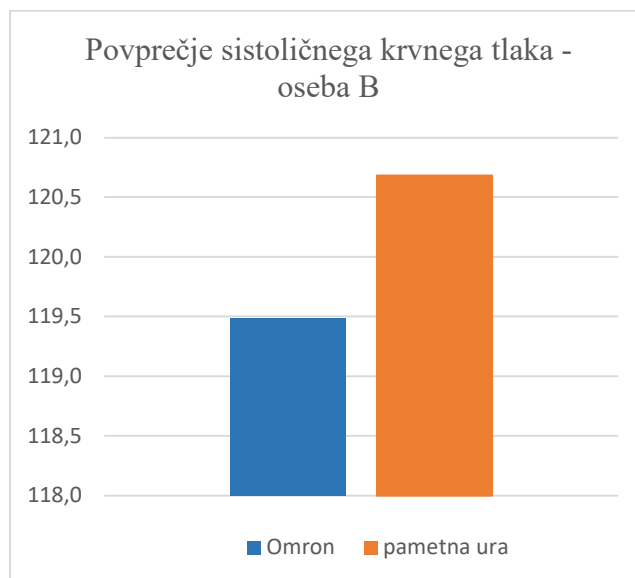


Graf 5: Povprečje meritev sistoličnega krvnega tlaka - oseba A

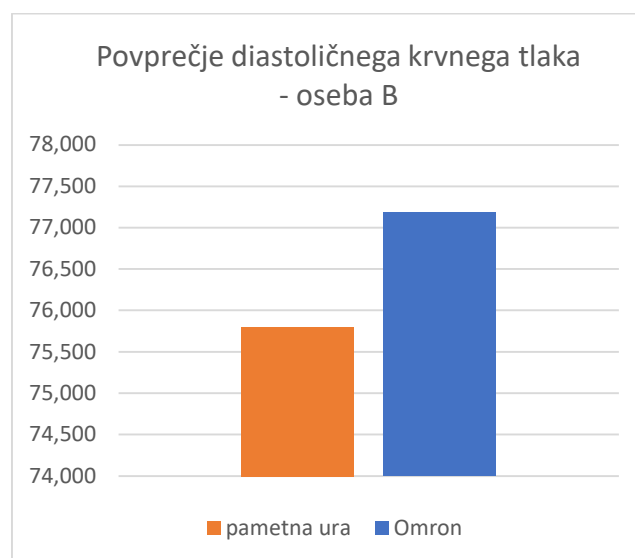


Graf 6: Povprečje meritev diastoličnega krvnega tlaka - oseba A

Pri osebi B so povprečne meritve pametne ure pokazale nekoliko nižje vrednosti v primerjavi z merilnikom Omron. Povprečni sistolični tlak je bil pri pametni uri 119,48 mmHg, pri merilniku pa 120,68 mmHg. Pri diastoličnem tlaku je ura izmerila 75,80 mmHg, Omron pa 77,18 mmHg.



Graf 7: Povprečje meritev sistoličnega krvnega tlaka - oseba B



Graf 8: Povprečje meritev diastoličnega krvnega tlaka - oseba B

6 DISKUSIJA

6.1 STANDARDI ZA DOVOLJENA ODPSTOPANJA MERILNIKOV KRVNEGA TLAKA

Pri ocenjevanju zanesljivosti merilnikov krvnega tlaka je ključno upoštevati mednarodne standarde, ki določajo, kakšna odstopanja so še sprejemljiva za klinično uporabo. Najpogosteje uporabljena sta standarda AAMI/ANSI in ISO 81060-2, ki natančno opredeljujeta merila za validacijo merilnih naprav.

- Sprejemljivo odstopanje: ± 5 mmHg
- Mejno/že problematično: ± 6 – 10 mmHg
- Nevarno odstopanje: $> \pm 10$ mmHg

MAD (mmHg)	Method 1 of AAMI	BHS
≤ 4	pass	Grade A
4-5	pass	mostly Grade A, few Grade B
5-6	pass or fail	mostly Grade B, few Grade A, extremely few Grade C/D
6-7	mostly fail, less pass	mostly Grade C, few Grade B/D
≥ 7	fail	worse than Grade C

Slika 25: Ocena natančnosti meritev v skladu s standardom AAMI

Po teh smernicah mora imeti merilnik krvnega tlaka povprečno odstopanje največ ± 5 mmHg, standardni odklon meritev pa ne sme presegati 8 mmHg. Naprave, ki presegajo te vrednosti, se štejejo za premalo natančne, saj lahko povzročijo napačno razvrščanje krvnega tlaka in s tem vplivajo na klinične odločitve. Ti standardi predstavljajo temeljno referenčno točko, s katero je mogoče primerjati rezultate meritev različnih naprav, vključno s pametnimi urami.

6.1.1 Ujemanje meritev pametne ure s standardi

Rezultate meritev pametne ure sva primerjala s standardi natančnosti, ki določajo, da posamezne meritve ne bi smele presegati odstopanja ± 5 mmHg. Pri osebi A so bila odstopanja sistoličnega tlaka razpršena med -7 mmHg in $+7$ mmHg, pri diastoličnem pa med -8 mmHg in $+9$ mmHg, kar pomeni, da so posamezne meritve že presegle priporočeno mejo. Pri osebi B so bila odstopanja nekoliko manjša, vendar so tudi tu posamezne meritve prešle mejno območje: sistolični tlak je odstopal med -6 mmHg in $+7$ mmHg, diastolični pa med -8 mmHg in $+6$ mmHg. Ti rezultati kažejo, da pametna ura pri obeh osebah ni dosegala zahtevane natančnosti, saj so odstopanja pogosto presegala klinično sprejemljive vrednosti.

6.1.2 Omejitve standardov pri ocenjevanju pametnih ur

Čeprav so standardi AAMI/ANSI in ISO 81060-2 ključni za ocenjevanje natančnosti merilnikov krvnega tlaka, je treba poudariti, da so bili prvotno razviti za nadlaktne merilnike, ne za zapestne naprave ali pametne ure. To pomeni, da pametne ure delujejo v okolju, kjer merilni pogoji niso optimalni, standardi pa so vseeno enaki. Rezultati nakazujejo potrebo po razmisleku, ali bi bilo za nosljive merilnike treba vzpostaviti ločene standarde, ki bi ustrezali njihovim specifičnim omejitvam. Kljub temu pa trenutni standardi ostajajo edina referenčna točka, zato preseganje dovoljenih odstopanj jasno kaže na nezadostno natančnost pametne ure pri merjenju krvnega tlaka.

6.2 ZAKAJ SO ODPSTOPANJA MERITEV LAHKO NEVARNA

Natančnost merjenja krvnega tlaka je ključnega pomena za pravilno oceno zdravstvenega stanja posameznika, zato imajo odstopanja med dejansko vrednostjo in izmerjenim tlakom lahko zdravstvene posledice. Raziskave kažejo, da že odstopanje okoli ± 5 mmHg lahko vpliva na razvrstitev posameznika v napačno kategorijo krvnega tlaka, kar pomeni, da je oseba lahko označena kot hipertenzivna, čeprav to ne drži. Še izrazitejša odstopanja, zlasti nad ± 10 mmHg, predstavljajo resno tveganje, saj lahko vodijo do nepravilnega zdravljenja, prekomernega predpisovanja zdravil ali spregledane hipertenzije. Napačne meritve tako povečujejo možnost srčno-žilnih zapletov, kot so srčni infarkt ali možganska kap.

6.2.1 Vloga pametne ure pri spremljanju tlaka

Čeprav pametna ura ni dosegala standardov natančnosti, to ne pomeni, da je njena uporaba brez vrednosti. Naprava lahko še naprej služi kot orodje za spremljanje trendov krvnega tlaka skozi daljše obdobje, kar je za uporabnika lahko koristno pri prepoznavanju sprememb ali nenavadnih nihanj. Vendar pa rezultati jasno kažejo, da posamezne meritve niso dovolj natančne za diagnostične namene. To poudarja potrebo po previdni interpretaciji podatkov in po tem, da uporabniki nenatančnih meritev ne razumejo kot klinično veljavne vrednosti.

6.3 RAZLIČNA NATANČNOST PRI POSAMEZNIKIH

Razlike med osebo A in osebo B kažejo, da pametna ura ne meri enako natančno pri vseh uporabnikih. Čeprav sta imeli obe osebi odstopanja, so bila pri eni nekoliko večja, kar nakazuje, da na meritve vplivajo tako razlike med posamezniki kot tudi zunanji dejavniki. Med slednje spadajo gibanje med merjenjem, preohlapien ali pretesen trak ter nepravilna lega zapestja. Poleg tega lahko fiziološke razlike, kot so različni toni kože ali debelina tkiva, vplivajo na to, kako dobro senzor zazna pretok krvi. Zaradi vseh teh dejavnikov ura ne dosega enake natančnosti pri vseh ljudeh, zato je njena zanesljivost precej odvisna od posameznika. V kliničnem okolju, kjer je pomembno, da so meritve zelo ponovljive, je takšna nepredvidljivost lahko velik problem.

6.4 PRIMERJAVA Z UGOTOVITVAMI DRUGIH RAZISKAV

Ugotovitve te raziskave so skladne z rezultati drugih študij, ki prav tako poročajo, da pametne ure običajno ne dosegajo natančnosti, primerljive s klasičnimi nadlahtnimi merilniki. Več raziskav navaja podobna odstopanja, predvsem pri sistoličnem tlaku, ter poudarja vpliv položaja zapestja, gibanja in anatomskih razlik na kakovost meritev. To kaže, da težave z natančnostjo niso značilne le za proučevano napravo, temveč predstavljajo širšo omejitev trenutno nosljivih tehnologij za merjenje krvnega tlaka.

6.5 OMEJITVE RAZISKAVE

Pri razlagi rezultatov je treba upoštevati, da je bila raziskava izvedena na majhnem številu udeležencev, kar omejuje možnost posploševanja. Meritve so bile opravljene v realnih pogojih, kar povečuje uporabnost rezultatov, vendar hkrati pomeni, da nanje lahko vplivajo dejavniki, ki jih ni bilo mogoče popolnoma nadzorovati. Kljub tem omejitvam raziskava ponuja pomemben vpogled v to, kako natančne so pametne ure pri merjenju krvnega tlaka v vsakdanjih razmerah.

6.6 MOŽNOSTI IZBOLJŠAV

Na podlagi rezultatov bi bilo smiselno raziskati, kako izboljšati natančnost meritev pametnih ur. Pomagalo bi, če bi naprave bolje upoštevale razlike med posamezniki ter vpliv položaja zapestja, napetosti traku in gibanja. V prihodnje bi bilo koristno vključiti več udeležencev in primerjati različne modele ur.

Za bolj zanesljive rezultate bi bile primernejše pametne ure, ki merijo krvni tlak na podoben način kot klasični merilniki z manšeto, na primer Huawei Watch D ali YHE BP Doctor. Te naprave imajo v pasčku vgrajeno majhno napihljivo manšeto, zato lahko merijo tlak bolj natančno kot klasične pametne ure in so posledično natančnejše od ur, ki uporabljajo samo optične in PPG senzorje.



Slika 26: Vgrajena manšeta na Huawei Watch D

Ugotovitve pa kažejo tudi na to, da bi bilo smiselno razviti posebne standarde, namenjene prav merjenju krvnega tlaka s pametnimi urami, saj trenutni standardi niso prilagojeni takšnim napravam.

7 ZAKLJUČEK

Namen raziskave je bil preveriti, ali lahko pametna merilna ura zanesljivo meri krvni tlak ter ali so njene meritve primerljive z oscilometričnim nadlahtnim merilnikom, ki velja za standard pri klinični in domači uporabi. Rezultati meritev, ki sva jih izvajala tri tedne, so pokazali, da pametna ura omogoča merjenje krvnega tlaka, vendar njena natančnost ni povsem primerljiva z referenčnim merilnikom. Ugotovila sva, da pametna ura sicer dobro sledi splošnim trendom nihanja krvnega tlaka, vendar pri posameznih meritvah prihaja do odstopanj, ki lahko presegajo klinično sprejemljivo mejo, zlasti pri diastoličnem tlaku.

Pri obeh osebah so bila povprečna absolutna odstopanja sistoličnega tlaka približno 4 mmHg, diastoličnega pa med 4 in 5 mmHg. Ta odstopanja so relativno majhna, a so kljub temu posamezne meritve pokazale odstopanja večja tudi do 9 mmHg, kar potrjuje, da pametna ura ni povsem stabilna pri vseh pogojih merjenja. Na natančnost meritev so vplivali dejavniki, kot so temperatura kože, pravilna namestitve ure, gibanje med meritvijo in kakovost PPG signala. To je skladno z znanimi omejitvami optičnih senzorjev, ki so občutljivejši na zunanje dejavnike kot klasični merilniki z manšeto.

Rezultati kažejo, da pametna ura pogosto meri nekoliko nižje vrednosti sistoličnega tlaka in nekoliko višje ali nižje vrednosti diastoličnega tlaka, odvisno od posamezne meritve. Kljub temu so povprečne vrednosti obeh naprav med seboj primerljive, kar pomeni, da pametna ura lahko služi kot dopolnilno orodje za spremljanje krvnega tlaka v vsakdanjem življenju. Prednost pametne ure je predvsem v enostavni uporabi, dostopnosti in možnosti pogostega merjenja brez dodatne opreme. To lahko uporabnika spodbudi k večji skrbi za zdravje in k rednemu spremljanju krvnega tlaka, kar je ključno pri preprečevanju in zgodnjem odkrivanju hipertenzije.

Na podlagi meritev ugotavljava, da pametna ura ne more nadomestiti klasičnega merilnika, še posebej v kliničnem okolju ali pri osebah, ki potrebujejo natančno in zanesljivo spremljanje krvnega tlaka zaradi zdravstvenih težav. Oscilometrični merilniki ostajajo zlati standard, saj so manj občutljivi na zunanje dejavnike in zagotavljajo stabilnejše meritve. Pametna ura je zato primerna predvsem za orientacijske meritve, spremljanje trendov in dopolnilno uporabo, ne pa za postavljanje diagnoz ali prilagajanje terapije.

Raziskava ima tudi nekaj omejitev. Meritve so bile izvedene na dveh osebah, kar pomeni, da rezultatov ni mogoče posplošiti na celotno populacijo. Prav tako sva uporabljala eno vrsto pametne ure, medtem ko se natančnost lahko razlikuje med različnimi modeli in proizvajalci.

Kljub omejitvam raziskava ponuja pomemben vpogled v delovanje sodobnih nosljivih naprav in njihovo uporabnost pri spremljanju krvnega tlaka. Tehnologija se hitro razvija, zato lahko v prihodnosti pričakujemo izboljšave senzorjev, algoritmov in kalibracijskih postopkov, ki bodo povečali natančnost meritev. Pametne ure imajo velik potencial, vendar trenutno še ne dosegajo ravni zanesljivosti, ki bi bila potrebna za samostojno klinično uporabo.

Zaključiva lahko, da pametna ura omogoča merjenje krvnega tlaka in je uporabna kot dopolnilno orodje, vendar njene meritve še niso dovolj natančne, da bi lahko nadomestila klasične merilnike. Za zanesljivo spremljanje krvnega tlaka ostaja oscilometrični merilnik najboljša izbira, pametna ura pa lahko služi kot priročen pripomoček za spremljanje trendov in podporo zdravemu življenjskemu slogu.

HIPOTEZA 1: Ali lahko merimo krvni tlak s pametno merilno uro?

Rezultati raziskave potrjujejo, da pametna merilna ura krvni tlak lahko izmeri in pri večini meritev prikaže vrednosti, ki so primerljive z oscilometričnim merilnikom. Kljub temu se pojavljajo posamezna odstopanja, zato natančnost ni popolnoma zanesljiva. Hipoteza je tako potrjena, vendar z omejitvami glede natančnosti meritev.

HIPOTEZA 2: Ali vrednosti, izmerjene s pametno uro, dosegajo natančnost in skladnost, zahtevano po standardu ISO 81060-2 za merilnike krvnega tlaka za domačo uporabo?

Rezultati primerjave meritev pametne ure s standardom ISO 81060-2 kažejo, da naprava ne dosega zahtevane natančnosti, saj so odstopanja pri obeh osebah pogosto preseгла dovoljeno mejo ± 5 mmHg. Sistolične in diastolične vrednosti so odstopale tudi do $\pm 7-9$ mmHg, kar presega klinično sprejemljive kriterije za merilnike krvnega tlaka. Čeprav standardi niso prvotno namenjeni zapestnim napravam, presežena odstopanja jasno kažejo na nezadostno natančnost pametne ure. Zato je hipoteza, da meritve pametne ure dosegajo standard ISO 81060-2, zavrnjena.

HIPOTEZA 3: Ali je stopnja zaupanja dovolj visoka, da lahko uporabljamo pametno kot primarni vir meritev?

Rezultati raziskave kažejo, da stopnja natančnosti pametne ure ni dovolj visoka, da bi jo lahko uporabljali kot primarni vir meritev krvnega tlaka. Posamezne meritve so pogosto presegle klinično sprejemljivo odstopanje, kar pomeni, da ura ni dovolj zanesljiva za diagnostične ali terapevtske odločitve. Pametna ura je zato primerna le kot dopolnilno orodje za spremljanje trendov, ne pa kot glavna naprava za merjenje krvnega tlaka. Hipoteza je zato zavrnjena.

8. POVZETEK

V raziskovalni nalogi sva ugotavljala, ali lahko pametna ura zanesljivo meri krvni tlak ter kako natančne so njene meritve v primerjavi s standardnim nadlahtnim oscilometričnim merilnikom. Izhodišče raziskave temelji na dejstvu, da je hipertenzija ena najpogostejših kroničnih bolezni sodobnega časa, zato je redno in pravilno merjenje krvnega tlaka ključnega pomena za zgodnje odkrivanje in preprečevanje zapletov. Ker se pametne ure vse pogosteje uporabljajo za spremljanje zdravstvenih parametrov, je smiselno preveriti njihovo dejansko uporabnost in natančnost.

V teoretičnem delu sva zato najprej opisala delovanje srca in žil, pomen sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka ter najpogostejše dejavnike tveganja za hipertenzijo. Nadalje sva predstavila različne vrste merilnikov krvnega tlaka in metode merjenja, pri čemer sva posebno pozornost namenila oscilometrični metodi ter principu merjenja s pametno uro, ki temelji na fotopletizmografiji (PPG) in času prehoda pulza (PTT).

V praktičnem delu raziskave sva nato v obdobju treh tednov vsak dan ob treh izbranih terminih izvedla sočasne meritve krvnega tlaka s pametno uro in nadlahtnim digitalnim merilnikom. Pred meritvami sva upoštevala vse smernice za pravilno merjenje krvnega tlaka, pametno uro pa sva pred začetkom raziskave tudi kalibrirala. Rezultate sva sproti beležila v aplikacijo Omron in Excel ter jih kasneje statistično obdelala.

Pri primerjavi meritev sva ugotovila, da pametna ura ni dosegala standardov natančnosti, ki določajo, da posamezne meritve ne bi smele presegati odstopanja ± 5 mmHg. Pri osebi A so bila odstopanja sistoličnega tlaka med -7 mmHg in $+7$ mmHg, diastoličnega pa med -8 mmHg in $+9$ mmHg. Pri osebi B so bila odstopanja nekoliko manjša, vendar so tudi tu posamezne meritve presegale priporočene meje. Sistolični tlak je odstopal med -6 mmHg in $+7$ mmHg, diastolični pa med -8 mmHg in $+6$ mmHg.

Kljub temu so povprečna odstopanja ostala zmerna: približno 3–4 mmHg pri sistoličnem in 4–5 mmHg pri diastoličnem tlaku, kar predstavlja 3–4 % oziroma 5–6 % relativnega odstopanja. Meritve so odstopale v obe smeri, vendar večinoma niso kazale izrazite nenatančnosti.

Na podlagi rezultatov lahko zaključiva, da pametna ura omogoča razmeroma zanesljivo spremljanje trendov krvnega tlaka, vendar ne dosega natančnosti klasičnega nadlahtnega merilnika. Zato je primerna kot dopolnilno orodje, ne pa kot primarni vir meritev v kliničnem ali diagnostičnem okolju. Za natančno oceno zdravstvenega stanja ostaja standardni merilnik najbolj zanesljiva izbira.

9 SUMMARY

In our research project, we investigated whether a smartwatch can reliably measure blood pressure and how accurate its measurements are compared to a standard upper-arm oscillometric blood pressure monitor. The starting point of the research is the fact that hypertension is one of the most common chronic diseases of modern times; therefore, regular and correct blood pressure measurement is of crucial importance for early detection and prevention of complications. As smartwatches are increasingly used to monitor health parameters, it is reasonable to examine their actual usefulness and accuracy.

In the theoretical part, we first described the functioning of the heart and blood vessels, the meaning of systolic and diastolic blood pressure, and the most common risk factors for hypertension. We then presented different types of blood pressure monitors and measurement methods, with particular emphasis on the oscillometric method and the smartwatch measurement principle based on photoplethysmography (PPG) and pulse transit time (PTT).

In the practical part of the research, we conducted simultaneous blood pressure measurements using a smartwatch and an upper-arm digital monitor every day for three weeks at three selected times. Before each measurement, we followed all guidelines for proper blood pressure measurement, and we calibrated the smartwatch prior to starting the study. The results were recorded in the Omron application and Microsoft Excel and later statistically analyzed.

When comparing the measurements, we found that the smartwatch did not meet the accuracy standards, which state that individual measurements should not exceed a deviation of ± 5 mmHg. For Subject A, systolic deviations ranged from -7 mmHg to $+7$ mmHg, and diastolic deviations from -8 mmHg to $+9$ mmHg. For Subject B, the deviations were slightly smaller, but individual measurements still exceeded the recommended limits. Systolic pressure deviated between -6 mmHg and $+7$ mmHg, and diastolic pressure between -8 mmHg and $+6$ mmHg.

Nevertheless, the average deviations remained moderate: approximately 3–4 mmHg for systolic and 4–5 mmHg for diastolic pressure, representing a relative deviation of 3–4% and 5–6%, respectively. The measurements varied in both directions but generally did not show pronounced inaccuracy.

Based on the results, we can conclude that the smartwatch provides reasonably reliable monitoring of blood pressure trends but does not achieve the accuracy of a traditional upper-arm monitor. Therefore, it is suitable as a supplementary tool rather than a primary source of measurements in clinical or diagnostic settings. For an accurate assessment of health status, the standard blood pressure monitor remains the most reliable choice.

VIRI IN LITERATURA

1. eZdravje / Srce in žilje / Visok krvni tlak
<https://www.ezdravje.com/srce-in-zilje/visok-krvni-tlak/sprememba-zivljenjskega-sloga-je-najpomembnejša-a-najtežja/> (10. 12. 2025)
2. Kaj je krvni tlak?
<https://www.ezdravje.com/srce-in-zilje/visok-krvni-tlak/sprememba-zivljenjskega-sloga-je-najpomembnejša-a-najtežja/> (10. 12. 2025)
3. Povišan srčni utrip
<https://vestnik.szd.si/index.php/ZdravVest/article/view/1808> (10. 12. 2025)
4. Sandoz / LEK Merjenje krvnega tlaka doma
<https://www.lek.si/skrb-za-zdravje/srce-ozilje/zvisan-krvni-tlak/merjenje-krvnega-tlaka/> (10. 12. 2025)
5. Krvni tlak - medicina
https://zbirke.zotks.si/resources/Bronasto_SS_Druga_podrocja_584633.pdf (10. 12. 2025)
6. Zgradba in delovanje srca
<https://etorba.sio.si/etorba/si/books/10/read/page-66.xhtml#heading215444> (10. 12. 2025)
7. Srce in ožilje
<https://bioma.si/srce-in-ozilje/> (10. 12. 2025)
8. Različne tehnike merjenja krvnega tlaka
https://www.zdlj.si/cpc/images/datoteke/gradiva/radm_sestre/5_Razline_tehnike_merjenja_krvnega_tlaka.pdf (10. 12. 2025)
9. Krvni tlak
https://sl.wikipedia.org/wiki/Krvni_tlak (10. 12. 2025)
10. Sistola in diastola, nasprotji, ki poganjata življenje
<https://www.ninalakota.si/tvoji-zapisi/nasprotje-zivljenje> (16. 12. 2025)
11. Arterijska hipertenzija
<https://www.mb-lekarne.si/nasveti/srce-in-ozilje1/arterijska-hipertenzija> (16. 12. 2025)
12. Kako pametne ure beležijo aktivnost vašega srca?
<https://eslweb.epfl.ch/kid-ppg/what-is-ppg/> (19. 12. 2025)
13. Kaj je krvni tlak?
<https://www.lam.care/blog/kaj-je-krvni-tlak> (19. 12. 2025)
14. Kako se izogniti najpogostejšim napakam pri merjenju krvnega tlaka?
<https://www.zakajtibijesrce.si/visok-krvni-tlak/vrednosti-in-merjenje/kako-se-izogniti-najpogostejsim-napakam-pri-merjenju-krvnega-tlaka/> (19. 12. 2025)
15. Merjenje krvnega tlaka s pomočjo Omron aparatov
<https://www.moja-lekarna.com/clanki/merjenje-krvnega-tlaka-s-pomocjo-omron-aparatov> (23. 12. 2025)
16. Pravilno merjenje krvnega tlaka doma
<https://alba.si/aktualni-zapis/pravilno-merjenje-krvnega-tlaka-doma> (23. 12. 2025)

-
17. Vrednotenje natančnosti naprave za merjenje krvnega tlaka: statistični vidiki z implementacijo v R
<https://www.mdpi.com/2227-7080/12/4/44> (9. 1. 2026)
 18. Natančnosti naprave za merjenje krvnega tlaka
https://www.researchgate.net/publication/379294714_Blood_Pressure_Measurement_Device_Accuracy_Evaluation_Statistical_Considerations_with_an_Implementation_in_R
(9. 1. 2026)
 19. Klinična raziskava intermitentnega avtomatiziranega merjenja
<https://www.iso.org/standard/73339.html>(9. 1. 2026)
 20. SO 81060-2:2018 Ne invazivni sfigmomanometri – 2. del: Klinična preiskava intermitentnih avtomatiziranih meritev
<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:81060:-2:ed-3:v1:en>(15. 1. 2026)
 21. Ali je vaš domači merilnik krvnega tlaka natančen?
<https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/is-your-home-blood-pressure-monitor-accurate>(15. 1. 2026)
 22. Nekateri domači merilniki krvnega tlaka niso natančni
<https://www.health.harvard.edu/blog/home-blood-pressure-monitors-arent-accurate-201410297494>(15. 1. 2026)
 23. Kako natančne so pametne ure za merjenje krvnega tlaka?
<https://biologyinsights.com/how-accurate-are-smartwatches-for-blood-pressure> (18. 1. 2026)
 24. Pametna ura ali samo ura? Validacijska študija pametne ure KC08 za merjenje krvnega tlaka
<https://www.mdpi.com/1424-8220/25/12/3793> (22. 1. 2026)
 25. Iskanje natančnih nosljivih merilnikov krvnega tlaka
<https://www.nature.com/articles/s41440-025-02410-w> (22. 1. 2026)
 26. O uporabnosti te meritve pametne ure imam pomisleke
<https://tehnouzvezdje.si/o-uporabnosti-te-meritve-pametne-ure-imam-pomisleke-video>
(22. 1. 2026)
 27. Cuffless Blood Pressure Standard Y.T. Zhang
<https://www.embs.org/wp-content/uploads/2021/08/IEEE-std1708-EMBC17-s-2.pdf>
(22.1. 2026)
 28. Metoda na osnovi harmonične vsote za oceno srčnega utripa z uporabo signalov PPG, na katere vplivajo artefakti gibanja
https://digitalcommons.uri.edu/ele_facpubs/81/ (22. 1. 2026)

VIRI SLIK

slika 1: https://www.prvalekarna.com/pripomocki/preventiva-in-diagnostika/i_9892_merilnik-krvnega-tlaka-omron-m6-comfort-z-adapterjem

slika 2: <https://www.samsung.com/si/watches/galaxy-watch/galaxy-watch7-40mm-cream-bluetooth-sm-l300nzeaeue/>

slika 3: <https://www.edwards.com/au/patients-care-partners/heart-valve-disease-information/what-the-heart-does>

slika 4: <https://sl.puntomarineri.com/cardiac-cycle-table-cardiac-cycle/>

slika 5: <https://www.doktor24.si/krvni-tlak-ceprav-ne-obcutimo-tezav-je-povisan-krvni-tlak-lahko-nevaren/>

slika 6: <https://www.moja-lekarna.com/citizen-rocni-merilnik-krvnega-tlaka-z-manometrom>

slika 7: <https://www.orfam.si/izdelek/omron-m3/>

slika8: <https://manuals.plus/sl/omron/hem-4030-manual-inflation-blood-pressure-monitor-manual>

slika 9: <https://www.sejoygroup.com/sl/news/why-do-doctors-use-mercury-and-patients-use-electronic-blood-pressure-monitors>

slika 10: <https://www.ceneje.si/Izdelek/2079174/lepota-in-zdravje/aparati-za-zdravje/merilci-krvnega-tlaka/focus-aneroidni-mehanski-merilnik-krvnega-tlaka-fc-2494>

slika11: <https://viktorsvigelj.si/zdravstveni-pregled/24-urno-merjenje-krvnega-tlaka/>

slika 12: <https://files.core.ac.uk/download/222447532.pdf>

slika 13: <https://developer.samsung.com/health/sensor>

slika 14: <https://eslweb.epfl.ch/kid-ppg/what-is-ppg/>

slika 15: <https://viva.bhc.si/bolezni/pravilno-merjenje-krvnega-tlaka/a/8939785>

slika 16: <https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/GUID-EA4C028F-6CC0-4957-9BB2-20B2E5DAE9CD/SL-SI/GUID-F2E7E0A9-FB44-4297-BF4D-D0C31C400C45.html>

slika 19: <https://www.digitec.ch/en/page/huawei-watch-d2-tested-this-smartwatch-keeps-an-eye-on-your-blood-pressure-34792>

ZAHVALA

Zahvaljujeva se najinima mentorjema, Jožetu Hrovatu, dipl. inž. stroj. in Stanislavu Glinšku, inž. stroj., za vso pomoč in vodenje skozi nalogo. Prav tako se zahvaljujeva ga. Mariji Glinšek za lektoriranje raziskovalne naloge.

PRILOGA 1

Prikaz vseh posameznih meritev sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka za osebo A in B, izvedenih s pametno uro in merilnikom Omron.

Datum	Čas	Krvni tlak - Omron sistolični (mmHg)	Krvni tlak - Omron diastolični (mmHg)	Krvni tlak - pametna ura sistolični (mmHg)	Krvni tlak - pametna ura diastolični (mmHg)
6. okt	06.00	117	80	115	75
6. okt	15.00	119	78	117	71
6. okt	20.00	114	78	117	72
7. okt	06.00	120	76	116	72
7. okt	15.00	123	77	117	71
7. okt	20.00	122	83	117	75
8. okt	06.00	119	80	125	73
8. okt	15.00	126	75	122	80
8. okt	20.00	133	80	128	74
9. okt	06.00	130	80	123	72
9. okt	15.00	124	81	120	74
9. okt	20.00	124	80	131	74
10. okt	06.00	116	71	120	75
10. okt	15.00	113	79	109	75
10. okt	20.00	120	74	113	70
11. okt	06.00	122	81	119	73
11. okt	15.00	112	76	116	73
11. okt	20.00	126	84	120	79
12. okt	06.00	130	76	126	77
12. okt	15.00	123	75	118	71
12. okt	20.00	119	83	115	79
13. okt	06.00	109	75	113	79
13. okt	15.00	125	80	120	88
13. okt	20.00	120	84	116	80
14. okt	06.00	128	76	128	81
14. okt	15.00	115	95	121	88
14. okt	20.00	119	79	116	74
15. okt	06.00	120	77	116	72
15. okt	15.00	110	73	114	77
15. okt	20.00	126	78	121	72
16. okt	06.00	119	72	115	72
16. okt	15.00	122	80	119	86
16. okt	20.00	119	79	119	86
17. okt	06.00	114	73	118	82
17. okt	15.00	117	75	120	70

17. okt	20.00	122	84	116	79
18. okt	06.00	125	79	121	81
18. okt	15.00	115	80	110	79
18. okt	20.00	125	80	122	83
19. okt	06.00	121	86	118	80
19. okt	15.00	109	83	113	82
19. okt	20.00	119	77	122	84
20. okt	06.00	111	76	109	80
20. okt	15.00	120	72	118	75
20. okt	20.00	119	81	116	77
21. okt	06.00	130	80	126	75
21. okt	15.00	128	80	123	72
21. okt	20.00	123	84	118	80
22. okt	06.00	113	80	110	84
22. okt	15.00	110	76	106	82
22. okt	20.00	111	81	109	76
23. okt	06.00	112	77	108	83
23. okt	15.00	111	75	115	79
23. okt	20.00	109	80	110	76
24. okt	06.00	110	81	113	77
24. okt	15.00	120	74	118	78
24. okt	20.00	112	80	108	78
25. okt	06.00	117	75	113	79
25. okt	15.00	115	80	119	75
25. okt	20.00	117	89	122	84

Tabela 13: Meritve osebe A

Datum	Čas	Krvni tlak - Omron sistolčni (mmHg)	Krvni tlak - Omron diastolični (mmHg)	Krvni tlak - pametna ura sistolčni (mmHg)	Krvni tlak - pametna ura diastolični (mmHg)
2. nov	06.00	121	78	116	74
2. nov	15.00	118	74	121	77
2. nov	20.00	115	77	118	72
3. nov	06.00	115	78	120	74
3. nov	15.00	119	75	123	79
3. nov	20.00	121	77	119	73
4. nov	06.00	126	81	120	76
4. nov	15.00	126	82	120	76
4. nov	20.00	118	77	116	72
5. nov	06.00	117	73	121	77
5. nov	15.00	125	77	120	78
5. nov	20.00	119	77	118	72
6. nov	06.00	127	83	121	78
6. nov	15.00	123	82	120	77
6. nov	20.00	119	70	116	73
7. nov	06.00	113	72	117	77
7. nov	15.00	118	75	123	79
7. nov	20.00	125	78	119	73
8. nov	06.00	128	84	122	79
8. nov	15.00	125	81	120	76
8. nov	20.00	117	77	116	72
9. nov	06.00	118	76	124	80
9. nov	15.00	122	79	122	73
9. nov	20.00	121	79	117	74
10. nov	06.00	121	76	115	72
10. nov	15.00	127	83	123	75
10. nov	20.00	116	74	119	77
11. nov	06.00	121	78	115	73
11. nov	15.00	120	73	123	79
11. nov	20.00	119	75	119	75
12. nov	06.00	119	82	123	76
12. nov	15.00	125	80	119	76
12. nov	20.00	117	77	113	72
13. nov	06.00	127	74	121	77
13. nov	15.00	121	78	122	78
13. nov	20.00	120	77	116	74
14. nov	06.00	125	80	120	75
14. nov	15.00	126	74	121	77

14. nov	20.00	119	73	114	73
15. nov	06.00	116	73	121	79
15. nov	15.00	119	76	123	79
15. nov	20.00	114	74	119	76
16. nov	06.00	126	84	122	77
16. nov	15.00	123	80	120	76
16. nov	20.00	121	77	116	72
17. nov	06.00	122	78	125	82
17. nov	15.00	127	83	122	78
17. nov	20.00	117	73	118	77
18. nov	06.00	118	77	116	73
18. nov	15.00	120	77	121	77
18. nov	20.00	119	76	117	72
19. nov	06.00	121	77	117	75
19. nov	15.00	124	81	121	77
19. nov	20.00	114	70	119	75
20. nov	06.00	124	81	120	79
20. nov	15.00	118	77	120	76
20. nov	20.00	120	72	116	76
21. nov	06.00	117	77	124	81
21. nov	15.00	125	75	122	78
21. nov	20.00	117	77	118	73

Tabela 14: Meritve osebe B

PRILOGA 2

Prikaz pozitivnih, negativnih in absolutnih odstopanj ter odstotnih razlik med meritvami pametne ure in merilnika Omron za osebo A in B.

Datum	Čas	Odstopanje ure sistolični krvni tlak (mmHg)	Odstopanje ure diastolični krvni tlak (mmHg)	Odstopanje vrednosti meritev ure - sistolični krvni tlak v odstotkih	Odstopanje vrednosti meritev ure - diastolični krvni tlak v odstotkih
6. okt	06.00	-2	-5	-1,71 %	-6,25 %
6. okt	15.00	-2	-7	-1,68 %	-8,97 %
6. okt	20.00	3	-6	2,63 %	-7,69 %
7. okt	06.00	-4	-4	-3,33 %	-5,26 %
7. okt	15.00	-6	-6	-4,88 %	-7,79 %
7. okt	20.00	-5	-8	-4,10 %	-9,64 %
8. okt	06.00	6	-7	5,04 %	-8,75 %
8. okt	15.00	-4	5	-3,17 %	6,67 %
8. okt	20.00	-5	-6	-3,76 %	-7,50 %
9. okt	06.00	-7	-8	-5,38 %	-10,00 %
9. okt	15.00	-4	-7	-3,23 %	-8,64 %
9. okt	20.00	7	-6	5,65 %	-7,50 %
10. okt	06.00	4	4	3,45 %	5,63 %
10. okt	15.00	-4	-4	-3,54 %	-5,06 %
10. okt	20.00	-7	-4	-5,83 %	-5,41 %
11. okt	06.00	-3	-8	-2,46 %	-9,88 %
11. okt	15.00	4	-3	3,57 %	-3,95 %
11. okt	20.00	-6	-5	-4,76 %	-5,95 %
12. okt	06.00	-4	1	-3,08 %	1,32 %
12. okt	15.00	-5	-4	-4,07 %	-5,33 %
12. okt	20.00	-4	-4	-3,36 %	-4,82 %
13. okt	06.00	4	4	3,67 %	5,33 %
13. okt	15.00	-5	8	-4,00 %	10,00 %
13. okt	20.00	-4	-4	-3,33 %	-4,76 %
14. okt	06.00	0	5	0,00 %	6,58 %
14. okt	15.00	6	-7	5,22 %	-7,37 %
14. okt	20.00	-3	-5	-2,52 %	-6,33 %
15. okt	06.00	-4	-5	-3,33 %	-6,49 %
15. okt	15.00	4	4	3,64 %	5,48 %
15. okt	20.00	-5	-6	-3,97 %	-7,69 %
16. okt	06.00	-4	0	-3,36 %	0,00 %
16. okt	15.00	-3	6	-2,46 %	7,50 %
16. okt	20.00	0	7	0,00 %	8,86 %
17. okt	06.00	4	9	3,51 %	12,33 %
17. okt	15.00	3	-5	2,56 %	-6,67 %

17. okt	20.00	-6	-5	-4,92 %	-5,95 %
18. okt	06.00	-4	2	-3,20 %	2,53 %
18. okt	15.00	-5	-1	-4,35 %	-1,25 %
18. okt	20.00	-3	3	-2,40 %	3,75 %
19. okt	06.00	-3	-6	-2,48 %	-6,98 %
19. okt	15.00	4	-1	3,67 %	-1,20 %
19. okt	20.00	3	7	2,52 %	9,09 %
20. okt	06.00	-2	4	-1,80 %	5,26 %
20. okt	15.00	-2	3	-1,67 %	4,17 %
20. okt	20.00	-3	-4	-2,52 %	-4,94 %
21. okt	06.00	-4	-5	-3,08 %	-6,25 %
21. okt	15.00	-5	-8	-3,91 %	-10,00 %
21. okt	20.00	-5	-4	-4,07 %	-4,76 %
22. okt	06.00	-3	4	-2,65 %	5,00 %
22. okt	15.00	-4	6	-3,64 %	7,89 %
22. okt	20.00	-2	-5	-1,80 %	-6,17 %
23. okt	06.00	-4	6	-3,57 %	7,79 %
23. okt	15.00	4	4	3,60 %	5,33 %
23. okt	20.00	1	-4	0,92 %	-5,00 %
24. okt	06.00	3	-4	2,73 %	-4,94 %
24. okt	15.00	-2	4	-1,67 %	5,41 %
24. okt	20.00	-4	-2	-3,57 %	-2,50 %
25. okt	06.00	-4	4	-3,42 %	5,33 %
25. okt	15.00	4	-5	3,48 %	-6,25 %
25. okt	20.00	5	-5	4,27 %	-5,62 %

Tabela 15: Odstopanje vsake posamezne meritve osebe A

Datum	Čas	Odstopanje ure sistolični krvni tlak (mmHg)	Odstopanje ure diastolični krvi tlak (mmHg)	Odstopanje vrednosti meritev ure - sistolični krvni tlak v odstotkih	Odstopanje vrednosti meritev ure - diastolični krvni tlak v odstotkih
2. nov	06.00	-5	-4	-4,13 %	-5,13 %
2. nov	15.00	3	3	2,54 %	4,05 %
2. nov	20.00	3	-5	2,61 %	-6,49 %
3. nov	06.00	5	-4	4,35 %	-5,13 %
3. nov	15.00	4	4	3,36 %	5,33 %
3. nov	20.00	-2	-4	-1,65 %	-5,19 %
4. nov	06.00	-6	-5	-4,76 %	-6,17 %
4. nov	15.00	-6	-6	-4,76 %	-7,32 %
4. nov	20.00	-2	-5	-1,69 %	-6,49 %
5. nov	06.00	4	4	3,42 %	5,48 %
5. nov	15.00	-5	1	-4,00 %	1,30 %
5. nov	20.00	-1	-5	-0,84 %	-6,49 %
6. nov	06.00	-6	-5	-4,72 %	-6,02 %
6. nov	15.00	-3	-5	-2,44 %	-6,10 %
6. nov	20.00	-3	3	-2,52 %	4,29 %
7. nov	06.00	4	5	3,54 %	6,94 %
7. nov	15.00	5	4	4,24 %	5,33 %
7. nov	20.00	-6	-5	-4,80 %	-6,41 %
8. nov	06.00	-6	-5	-4,69 %	-5,95 %
8. nov	15.00	-5	-5	-4,00 %	-6,17 %
8. nov	20.00	-1	-5	-0,85 %	-6,49 %
9. nov	06.00	6	4	5,08 %	5,26 %
9. nov	15.00	0	-6	0,00 %	-7,59 %
9. nov	20.00	-4	-5	-3,31 %	-6,33 %
10. nov	06.00	-6	-4	-4,96 %	-5,26 %
10. nov	15.00	-4	-8	-3,15 %	-9,64 %
10. nov	20.00	3	3	2,59 %	4,05 %
11. nov	06.00	-6	-5	-4,96 %	-6,41 %
11. nov	15.00	3	6	2,50 %	8,22 %
11. nov	20.00	0	0	0,00 %	0,00 %
12. nov	06.00	4	-6	3,36 %	-7,32 %
12. nov	15.00	-6	-4	-4,80 %	-5,00 %
12. nov	20.00	-4	-5	-3,42 %	-6,49 %
13. nov	06.00	-6	3	-4,72 %	4,05 %
13. nov	15.00	1	0	0,83 %	0,00 %
13. nov	20.00	-4	-3	-3,33 %	-3,90 %
14. nov	06.00	-5	-5	-4,00 %	-6,25 %
14. nov	15.00	-5	3	-3,97 %	4,05 %
14. nov	20.00	-5	0	-4,20 %	0,00 %

15. nov	06.00	5	6	4,31 %	8,22 %
15. nov	15.00	4	3	3,36 %	3,95 %
15. nov	20.00	5	2	4,39 %	2,70 %
16. nov	06.00	-4	-7	-3,17 %	-8,33 %
16. nov	15.00	-3	-4	-2,44 %	-5,00 %
16. nov	20.00	-5	-5	-4,13 %	-6,49 %
17. nov	06.00	3	4	2,46 %	5,13 %
17. nov	15.00	-5	-5	-3,94 %	-6,02 %
17. nov	20.00	1	4	0,85 %	5,48 %
18. nov	06.00	-2	-4	-1,69 %	-5,19 %
18. nov	15.00	1	0	0,83 %	0,00 %
18. nov	20.00	-2	-4	-1,68 %	-5,26 %
19. nov	06.00	-4	-2	-3,31 %	-2,60 %
19. nov	15.00	-3	-4	-2,42 %	-4,94 %
19. nov	20.00	5	5	4,39 %	7,14 %
20. nov	06.00	-4	-2	-3,23 %	-2,47 %
20. nov	15.00	2	-1	1,69 %	-1,30 %
20. nov	20.00	-4	4	-3,33 %	5,56 %
21. nov	06.00	7	4	5,98 %	5,19 %
21. nov	15.00	-3	3	-2,40 %	4,00 %
21. nov	20.00	1	-4	0,85 %	-5,19 %

Tabela 16: Odstopanje vsake posamezne meritve osebe B

PRILOGA 3

V prilogi so prikazane uporabljene Excelove formule, ki smo jih uporabili v raziskovalni nalogi.

Formule, prikazane v prilogi, so zapisane s poenostavljenimi oznakami stolpcev (A, B, C in D), ki so uporabljene zgolj za prikaz načina izračuna in ne predstavljajo dejanskih oznak stolpcev v uporabljeni Excelovi preglednici.

➤ Primerjava povprečnih vrednosti meritev sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka

- Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGEIF(A2:A61;">0")**
- Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGEIF(A2:A61;"<0")**
- Absolutno odstopanje med povprečnimi pozitivnimi in negativnimi odstopanji sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGE(ABS(C2); ABS(C4))**
(Kjer polje C predstavlja polja z izračunom povprečnega pozitivnega oziroma negativnega odstopanja vrednosti.)

➤ Rezultati povprečnega odstopanja vrednosti meritev v odstotkih

- Povprečno pozitivno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGE(IF(B2:B61 > A2:A61; (B2:B61 - A2:A61) / A2:A61))**
- Povprečno negativno odstopanje vrednosti ure - sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGE(IF(B2:B61 < A2:A61; (B2:B61 - A2:A61) / A2:A61))**
- Povprečno absolutno odstopanje vrednosti - sistoličnega/diastoličnega krvnega tlaka: **=AVERAGE(ABS(C2); ABS(C4))**
(Kjer polje C predstavlja polja z izračunom povprečnega pozitivnega oziroma negativnega odstopanja vrednosti v odstotkih.)

➤ Izračun povprečja meritev: **=AVERAGE(A2:A61)**

➤ Povprečno odstopanje meritev: **=C14-D13**

(Kjer polje C predstavlja povprečje meritev krvnega tlaka izmerjenega z merilnikom, polje D pa povprečje krvnega tlaka izmerjenega z pametno uro.)

➤ Izračun odstopanja za vsako posamezno meritev: **=ABS(E2)-(C2)**

➤ Standardna deviacija: **=STDEV.P(A2:B61)**

➤ Vrednost 99,7 % MIN: **=C1-3*D1**

➤ Vrednost 99,7 % MAX: **=C1+3*D1**

(Kjer polje C predstavlja povprečje meritev krvnega tlaka, polje D pa standardni odklon iste meritve.)

➤ Ocena natančnosti meritev z RMSE: **=SQRT(AVERAGE((B2:B61-A2:A61)^2))**

IZJAVA

Izjavljamo, da smo pri pripravi raziskovalne naloge upoštevali etična načela in smernice v skladu z veljavnimi pravnimi akti raziskovalnega področja.

Podpisani: Ana Kočevar, Evan Požegar, Jože Hrovat in Stanislav Glinšek

Avtorja:



Mentorja:

