



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS  
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT



---

## DISERTACION

***TEMA: MODELIMI MATEMATIK I PËRMBYTJEVE NGA  
SHTRETËRIT E LUMENJVE, RAST STUDIMI LUMI BUNA***

(për marrjen e gradës Doktor i Shkencave)

**Disertanti:**

**M.Sc. Elona ABAZI**

**UDHËHEQËS SHKENCOR:**

**Prof. Asoc. Sotiraq PANDAZI**

**TIRANË, 2021**



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS  
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT



---

*Disertacion i përgatitur nga:*

*M.Sc. Elona ABAZI*

*Për marrjen e gradës shkencore:*

*DOKTOR*

***TEMA: MODELIMI MATEMATIK I PËRMBYTJEVE NGA  
SHTRETËRIT E LUMENJVE, RAST STUDIMI LUMI BUNA***

**Tiranë, 2021**

## **FALENDERIMET**

Për realizimin e këtij disertacioni dëshiroj të falenderoj në mënyrë të veçantë udhëheqësin shkencor Prof.Asoc. Sotiraq Pandazi për mbështetjen e tij në kryerjen e këtij studimi. Diskutimet, komentet, këshillat dhe sugjerimet e tij kanë qënë shumë të vlefshme gjatë gjithë periudhës së përgatitjes së doktoraturës.

Dëshiroj të falenderoj Institutin e Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit për vënien në dispozicion të bazës së të dhënave. Gjithashtu dhe kolegët e departamentit të Ekonomisë Ujore dhe Energjive të Rinovueshme si dhe kolegen e ftuar pranë këtij departamenti Amparo Samper Hiraldo për mbështetjen në realizimin e doktoraturës.

Dëshiroj të falenderoj gjithashtu dhe kolegët e Departamentit të Hidraulikës dhe Hidroteknikës në Fakultetin e Inxhinierisë së Ndërtimit për mbështetjen në realizimin e doktoraturës.

Së fundmi, dëshiroj të falenderoj familjen time, prindërit dhe bashkëshortin tim që më kanë mirëkuptuar, nxitur dhe motivuar për finalizimin e kësaj teme.



# PËRMBAJTJA

<b>PËRMBAJTJA .....</b>	<b>II</b>
<b>LISTA E FIGURAVE.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA E TABELAVE .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA E SIMBOLEVE .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA E SHKURTIMEVE .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÇËSHTJE TË PËRGJITHËSHME .....</b>	<b>XII</b>
I. Hyrje .....	xii
II. Qëllimi dhe argumentimi .....	xiii
III. Përmbledhje .....	xv
<b>KAPITULLI 1. PËRSHKRIMI I PËRGJITHSHËM I BASENIT UJËMBLEDHËS TË LUMIT BUNA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Të dhëna mbi pozicionin gjeografik të lumit Buna dhe degët .....	1
1.2 Klima .....	6
1.2.1 Rregjimi termik.....	6
1.2.2 Reshjet .....	9
1.3 Regjimi hidrologjik i Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna .....	12
1.3.1 Regjimi Hidrologjik i lumit Drin .....	14
1.3.2 Regjimi Hidrologjik i liqenit të Shkodrës .....	15
1.3.3 Regjimi Hidrologjik i lumit Buna.....	18
1.3.4 Rrjedhja maksimale .....	20
1.4 Gjeologjia dhe hidrogjeologjia e zonës në studim .....	23
1.4.1 Gjeologjia e zonës në studim.....	23
1.4.2 Hidrogjeologjia e zonës në studim.....	27
<b>KAPITULLI 2. MODELIMI MATEMATIK I RRJEDHJES NË SHTRETËR TË HAPUR .....</b>	<b>28</b>
2.1 Modelet matematik 1Dimensional .....	28
2.2 Modelet matematik 2Dimensional .....	29
2.3 Modelet matematik të kombinuar 1D/2Dimensional .....	30
<b>KAPITULLI 3. MODELIMI MATEMATIK I RRJEDHJES SË LUMENJVE DUKE PËRDORUR SOFTIN SOBEK .....</b>	<b>31</b>
3.1 Përshkrim i programit SOBEK .....	31
3.1.1 Moduli SOBEK 1D FLOW (Rural).....	32
3.1.2 Moduli SOBEK 2DF LOW (Overland flow).....	33
3.2 Modelimi i rrjedhjes 1Dimensionale në shtretër të hapur .....	34
3.2.1 Ekuacionet e lëvizjes 1Dimensionale .....	34
3.2.2 Ekuacioni i ruajtjes së masës .....	35
3.2.3 Ekuacioni i ruajtjes së momentit.....	36
3.3 Aspekte numerike të modelimit 1Dimensional në SOBEK .....	39
3.3.1 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së masës sipas skemës numerike Delft.....	41
3.3.2 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së momentit sipas skemës numerike Delft .....	42
3.3.3 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së energjisë sipas skemës numerike Delft .....	44
3.4 Modelimi i rrjedhjes 2Dimensionale në sistemet lumore .....	45
3.4.1 Ekuacionet e lëvizjes në rrjedhjen 2Dimensionale .....	45

3.4.2	<i>Aspekte numerike të modelimit 2Dimensional në SOBEK.....</i>	46
3.5	Modelimi i kombinuar 1D/2Dimensional në softin SOBEK.....	49
<b>KAPITULLI 4. NDËRTIMI I MODELIT MATEMATIK 1D PËR LUMIN BUNA .....</b>		<b>53</b>
4.1	Ndërtimi i modeli matematik 1D në SOBEK .....	53
4.1.1	<i>Të dhënat Gjeometrike.....</i>	53
4.1.2	<i>Parametrat numerikë.....</i>	56
4.2	Kalibrimi i modelit matematik 1Dimensional .....	58
4.2.1	<i>Kriteret e vlerësimit të modelit matematik .....</i>	62
4.2.2	<i>Analiza e performancës së modelit 1D për rrjedhjen me nivele të ulëta .....</i>	63
4.2.3	<i>Analiza e performancës së modelit 1D për rrjedhjen me nivele të larta .....</i>	64
4.3	Validimi i modelit matematik 1Dimensional.....	65
4.3.1	<i>Analiza e performancës së modelit matematik 1D në fazën e validimit .....</i>	67
<b>KAPITULLI 5. NDËRTIMI I MODELIT MATEMATIK 2D PËR LUMIN BUNA .....</b>		<b>69</b>
5.1	Ndërtimi i modelit matematik 2D në SOBEK .....	69
5.1.1	<i>Rrjeta 2Dimensionale e topografisë së terrenit .....</i>	69
5.1.2	<i>Koeficienti i rezistencës në fërkim për zonën në studim .....</i>	72
5.1.3	<i>Parametrat numerikë.....</i>	75
5.2	Kalibrimi i modelit matematik 2Dimensional .....	77
5.2.1	<i>Analiza e performancës së modelit matematik 2Dimensional .....</i>	78
5.2.2	<i>Analiza e performancës së modelit 2D për rrjedhjen me nivele të ulëta .....</i>	78
5.2.3	<i>Analiza e performancës së modelit 2D për rrjedhjen me nivele të larta .....</i>	79
5.3	Krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e kalibrimit .....	80
5.3.1	<i>Krahasimi i performancës së modeleve 1D kundrejt 2D për rrjedhjen me nivele të ulëta ...</i>	81
5.3.2	<i>Krahasimi i performancës së modeleve 1D kundrejt 2D për rrjedhjen me nivele të larta ...</i>	82
5.4	Validimi i modelit matematik 2Dimensional.....	84
5.4.1	<i>Analiza e performancës së modelit matematik 2D në fazën e validimit .....</i>	84
5.5	Krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e validimit .....	86
<b>KAPITULLI 6. NDIKIMI I LUMIT DRIN NË RRJEDHJEN E LUMIT BUNA.....</b>		<b>88</b>
6.1	Modelimi i rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve .....	88
6.2	Modelimi i rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin .....	90
6.3	Ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna pas nyjes së bashkimit .....	98
<b>KAPITULLI 7. NDIKIMI I NIVELIT TË DETIT ADRIATIK NË RRJEDHJEN E LUMIT BUNA .....</b>		<b>102</b>
7.1	Ndikimi i nivelit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	102
7.2	Ndikimi i nivelit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta .....	106
7.3	Vlerësimi sasior i ndikimit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna .....	110
<b>KAPITULLI 8. MODELIMI I PËRMBYTJEVE NË ZONËN E SHKODRËS .....</b>		<b>113</b>
8.1	Përmbytjet në zonën e Shkodrës .....	113
8.2	Ndërtimi i modelit matematik 2Dimensional të përmbytjeve .....	115
8.2.1	<i>Argjinaturat në lumin Buna, Drin dhe fushën e Nënshkodrës .....</i>	116
8.2.2	<i>Sistemi i kullimit në fushën e Nënshkodrës.....</i>	118
8.2.3	<i>Modeli matematik 2Dimensional i përmbytjeve për zonën e studimit.....</i>	119
8.3	Modelimi i përmbytjes së Marsit 2018 për zonën në studim.....	120
8.3.1	<i>Hartet e observuara të përmbytjes së Mars-it 2018.....</i>	121
8.3.2	<i>Plota e Marsit 2018 për zonën në studim.....</i>	125
<b>KAPITULLI 9. PËRFUNDIME DHE REKOMANDIME .....</b>		<b>132</b>

9.1 Përfundime.....	132
9.2 Rekomandime .....	139
<b>REFERENCAT.....</b>	<b>141</b>
<b>SHTOJCA.....</b>	<b>146</b>

## LISTA E FIGURAVE

Figura 1.1: Harta e pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna .....	2
Figura 1.2: Vendodhja e lumit Drin dhe lumit Buna para vitit 1846 bazuar në një hartë të vjetër venedikase.....	3
Figura 1.3: Zonat dhe nënzonat klimatike të Shqipërisë .....	7
Figura 1.4: Shpërndarja hapësinore e temperaturës mesatare vjetore në Shqipëri.....	8
Figura 1.5: Temperatura e ajrit për periudhën 1950–2004 në liqenin e Shkodrës .....	9
Figura 1.6: Shpërndarja hapësinore e reshjeve mesatare vjetore në Shqipëri.....	10
Figura 1.7: Shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në stacionin– Podgoricë.....	11
Figura 1.8: Reshjet mesatare vjetore për periudhën 1950 – 2004 në liqenin e Shkodrës.....	11
Figura 1.9: Shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në liqenin e Shkodrës .....	12
Figura 1.10: Vendodhja e stacioneve hidrologjike në pellgun e Tërësisë Ujore .....	13
Figura 1. 11: Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në stacionin Drini – Bahçellëk .....	15
Figura 1.12: Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumin Moraça – Podgoricë .....	16
Figura 1. 13: Shpërndarja e niveleve mesatare mujore të liqenit të Shkodrës .....	17
Figura 1.14: Nivelet maksimale, mesatare dhe minimale të liqenit të Shkodrës për periudhën 1948 deri 2004 .....	17
Figura 1.15: Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në stacionin Buna – Shkodër .....	19
Figura 1.16 : Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumin Buna pas bashkimit me lumin Drin.....	19
Figura 1.17: Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumenjtë Drin dhe Buna .....	20
Figura 1.18: Prurjet maksimale ditore në lumin Drin në Bahçellëk për periudhën 01/01/2001 deri 31/10/2008 .....	21
Figura 1.19: Prurjet maksimale ditore në lumin Buna në Shkodër për periudhën 01/01/2001 deri 31/10/2008 .....	21
Figura 1.20: Harta Gjeologjike e zonës së studimit (shkalla 1:200 000) .....	25
Figura 1.21: Legjenda e Hartës Gjeologjike të zonës së studimit (shkalla 1:200 000) .....	26
Figura 2.1: Paraqitja skematike e modeleve matematik 1Dimensional .....	28
Figura 2. 2: Paraqitja skematike e modeleve matematik 2Dimensional .....	29
Figura 2.3: Paraqitja skematike e modeleve matematik 1D/2Dimensional.....	30
Figura 3.1: Pamja e interface e softit SOBEK .....	31
Figura 3.2: Pamja e elementëve për ndërtimin e një modeli në softin SOBEK.....	32
Figura 3.3: Modulet e ndryshme që përfshihen në softin SOBEK .....	33
Figura 3.4: Skema e ekuacionit të ruajtjes së masës në rrjedhjen 1Dimensionale.....	35
Figura 3.5: Skema e ekuacionit të ruajtjes së momentit në rrjedhjen 1Dimensionale.....	36
Figura 3.6: Parametrat hidraulik të seksionit tërthor në rrjedhjen 1Dimensionale .....	38
Figura 3.7: Skema e termave të ekuacioneve të Saint-Venant që aplikohen në softin SOBEK ...	39
Figura 3.8: Elementë të skematizimit në modulën 1D Flow të softit SOBEK .....	40
Figura 3.9: Skema numerike Delft që aplikohet në modulën 1D Flow të softit SOBEK .....	41
Figura 3.10: Aplikimi i principeve të ruajtjes së momentit dhe energjisë në një kapërderdhës ....	45
Figura 3.11: Rrjeta e shkallëzuar 2Dimensionale që përdoret në skemën numerike të Delft .....	47
Figura 3.12: Paraqitja skematike e modelimit të kombinuar 1D/2D në softin SOBEK .....	50
Figura 3.13: Paraqitja e shpejtësive të rrjedhjes në modelin e kombinuar 1D/2D për lumenjtë të ngushtë.....	51
Figura 3.14: Paraqitja skematike e modelimit të kombinuar 1D/2D për lumenjtë e gjerë .....	52
Figura 4.1: Skema e modelit 1D të Tërësisë Ujore, Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna .....	54
Figura 4.2: Paraqitja e seksionit tërthor në modelin matematik 1D për zonën në studim .....	55
Figura 4.3: Paraqitja e koeficientit të rezistencës për një seksion tërthor në modelimin 1D në SOBEK .....	56
Figura 4.4: Diskretizimi i hapësirës në modelin 1D të ndërtuar për zonën në studim .....	57
Figura 4.5: Modeli matematik 1D për lumin Buna ndërtuar në softin SOBEK.....	58



Figura 4.6: Vendndodhja e stacioneve automatike të përdorura në procesin e kalibrimit të modelit matematik.....	59
Figura 4.7: Hidrografët e prurjeve për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të ulëta.....	60
Figura 4.8: Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	61
Figura 4.9: Hidrografët e prurjeve për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të larta .....	61
Figura 4.10: Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me niveleve të larta .....	62
Figura 4.11: Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të ulëta.....	64
Figura 4.12: Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të larta .....	65
Figura 4.13: Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet automatik në lumin Buna dhe Drin për periudhën e validimit .....	66
Figura 4.14: Hidrografët e prurjeve për stacionet automatik në lumin Buna dhe Drin për periudhën e validimit .....	67
Figura 4.15: Nivelet e ujit të simuluar në modelin 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit .....	68
Figura 5.1: Moduli 2D FLOW në softin SOBEK .....	69
Figura 5.2: Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit paraprak të zonës në studim .....	70
Figura 5.3: Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit të saktësuar për pjesën brenda shtratit të lumit Buna dhe Drin .....	71
Figura 5.4: Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit të zonës në studim të përdorur në modelin matematik 2D .....	71
Figura 5.5: Të dhënat e mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database për zonën në studim .....	73
Figura 5.6: Legjenda e të dhënave të mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database.....	74
Figura 5.7: Rrjeta 2D e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning “n” e përdorur në modelin matematik 2D .....	75
Figura 5.8: Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të ulëta.....	79
Figura 5.9: Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të larta .....	80
Figura 5.10: Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për rrjedhjes me nivele të ulëta .....	81
Figura 5.11: Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për rrjedhjen me nivele të larta .....	83
Figura 5.12: Nivelet e ujit të simuluar në modelin matematik 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit.....	85
Figura 5.13: Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për periudhën e validimit.....	86
Figura 6.1: Modeli konceptual i dinamikës së rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve .....	88
Figura 6.2: Pamje e nyjes së bashkimit të lumit Buna dhe Drin.....	91
Figura 6.3: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q > 1$ , prurje hyrëse të vogla .....	91
Figura 6.4: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q > 1$ , prurje hyrëse të mëdha .....	92
Figura 6.5: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q \cong 1$ , prurje hyrëse të vogla .....	93
Figura 6.6: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q \cong 1$ , prurje hyrëse të mëdha .....	93
Figura 6.7: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q < 1$ , prurje hyrëse të vogla .....	94

Figura 6.8: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për $q < 1$ , prurje hyrëse të mëdha .....	95
Figura 6.9: Pikat karakteristike në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin.....	96
Figura 6.10: Profili gëatësor i sipërfaqes së ujit në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin .....	97
Figura 6.11: Hidrografi i prurjeve në profilin e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin .....	98
Figura 6.12: Vendodhja e seksioneve tërthore të përzgjedhur përgjatë lumit Buna .....	99
Figura 6.13: Nivelet e ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta.....	100
Figura 6.14: Nivelet e ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta .....	101
Figura 7.1: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Pulaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	103
Figura 7.2: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Reç për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	103
Figura 7.3: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Belaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	104
Figura 7.4: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Samrisht për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	104
Figura 7.5: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Darragjat për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	105
Figura 7.6: Nivelet e ujit në afërsi të Ura e Bunës për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	105
Figura 7.7: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Bahçellëk për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta.....	106
Figura 7.8: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Pulaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta.....	107
Figura 7.9: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Reç për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta.....	107
Figura 7.10: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Belaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta.....	108
Figura 7.11: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Samrisht për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta .....	108
Figura 7.12: Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Darragjat për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta .....	109
Figura 7.13: Nivelet e ujit në afërsi të Urës së Bunës për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta.....	109
Figura 7.14: Nivelet e ujit në afërsi të Urës së Bahçellëkut për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta.....	110
Figura 7.15: Ndikimi i niveleve të ndryshme të detit në nivelin maksimal të ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta .....	111
Figura 7.16: Ndikimi i niveleve të ndryshme të detit në nivelin maksimal të ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta.....	111
Figura 8.1: Vendodhja e argjinaturave të ndërtuara në zonën në studim .....	117
Figura 8.2: Detaj i argjinaturave të Shirgj-Dajç-Belaj dhe Sukobin-Stodra të përfshira në modelin matematik 2D .....	117
Figura 8.3: Vendodhja e sistemit të kullimit në fushën e Nënshkodrës .....	118
Figura 8.4: Detaj i sistemit të kullimit në fushën e Trushit të përfshirë në modelin matematik 2D të përmbytjeve.....	119
Figura 8.5: Pamje e modelit matematik 2D të përmbytjeve për zonën në studim .....	120
Figura 8.6: Zonat e përdorura nga Copernicus EMS për gjenerimin e hartave të shtrirjes së përmbytjes.....	121
Figura 8.7: Harta e shtrirjes së përmbytjes për zonën e Dajçit gjeneruar nga Copernicus EMS .	122
Figura 8.8: Harta e shtrirjes së përmbytjes për dt.12 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS .	123
Figura 8.9: Harta e shtrirjes së përmbytjes për dt.14 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS .	123
Figura 8.10: Harta e shtrirjes së përmbytjes për dt.18 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS	124
Figura 8.11: Harta e shtrirjes së përmbytjes për dt.22 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS	124

Figura 8.12: Pamje e zonës përreth liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna në dt.17 Mars 2018. ....	125
Figura 8.13: Pamje e zonës në hyrje të qytetit të Shkodrës gjatë përmbytjes së Marsit 2018 .....	125
Figura 8.14: Hidrografët e prurjes prej lumit Buna dhe Drin për plotën e Marsit 2018.....	126
Figura 8.15: Hidrografët e niveleve prej lumit Buna dhe Drin për plotën e Marsit 2018 .....	127
Figura 8.16: Nivelet e ujit të simuluar nga modeli i përmbytjeve kundrejt matjeve në stacionin e Dajçit për plotën e Marsit 2018.....	127
Figura 8.17: Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt.12 Mars 2018 .....	128
Figura 8.18: Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt. 14 Mars .....	129
Figura 8.19: Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt.18 Mars .....	129
Figura 8.20: Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt. 22 Mars 2018 .....	130

## LISTA E TABELAVE

<b>Tabela 1.1</b> Prurjet mesatare vjetore për stacionet karakteristike përgjatë lumit Drin .....	14
<b>Tabela 1.2</b> Prurjet maksimale të plotës së periudhës Nëntor 1962 –Shkurt 1963.....	22
<b>Tabela 1.3</b> Prurjet maksimale të plotës së Janarit 2010.....	23
<b>Tabela 1.4</b> Prurjet maksimale të plotës së Dhjetorit 2010 .....	23
<b>Tabela 4.1</b> Testet statistikore të përdorura për vlerësimin e performancës së modelit matematik	63
<b>Tabela 5.1</b> Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D gjatë kalibrimin të rrjedhjes me nivele të ulëta.....	82
<b>Tabela 5.2</b> Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D gjatë kalibrimin të rrjedhjes me nivele të larta .....	83
<b>Tabela 5.3</b> Performanca e modeleve matematikë 1D dhe 2D në fazën e validimit .....	87

## LISTA E SIMBOLEVE

$C$	koeficienti Shezi [ $m^{0.5}/s$ ]
$n$	koeficienti i ashpërsisë sipas Manning
$t$	koha
$u$	shpejtësia në drejtimin x [ $m/s$ ]
$v$	shpejtësia në drejtimin y [ $m/s$ ]
$\Delta x$	hapi i diskretizimit në hapësirë sipas boshtit x [ $m$ ]
$\Delta y$	hapi i diskretizimit në hapësirë sipas boshtit y [ $m$ ]
$\Delta t$	hapi i diskretizimit në kohë

## LISTA E SHKURTIMEVE

1D	Një Dimensional
1D/2D	kombinuar një Dimensional dhe 2Dimensional
2D	Dy Dimensional
3D	Tre Dimensional
ArcGIS	Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographic Information System
ASA	Akademia e Shkencave e Shqipërisë
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASIG	Autoriteti Shtetëror për Informacionin Gjeohapësinor
DTM	Modeli Dixhital i Terrenit
EEA	European Environment Agency– Agjensia Europiane e Mjedisit
GIZ	German Federal Enterprise for International Cooperation
IGJEUM	Instituti i Gjeoshkencave, Energjisë Ujit dhe Mjedisit
IHM	Instituti Hidrometeorologjik i Shqipërisë
INEUM	Instituti i Energjisë, Ujit dhe Mjedisit
LIDAR	Light Detection and Ranging
MASA	Akademia e Shkencave dhe Arteve e Malit të Zi
UTM	Universal Transverse Mercator coordinate system
WGS84	World Geodetic System 1984

# ÇËSHTJE TË PËRGJITHËSHME

## I. Hyrje

Ndër katastrofat natyrore, përmbytjet janë një nga rreziqet natyrore më të shpeshta në vendin tonë. Përmbytjet kanë ndikim të madh në jetën e njerëzve, mjedis dhe ekonomi. Me ndryshimet klimatike priten përmbytje më të mëdha dhe më të shpeshta në të ardhmen. Zona e Shkodrës është nga më të rrezikuarat nga përmbytjet në vendin tonë. Rritja e prurjeve nga lumi Drin dhe prurjeve që dalin nga liqeni i Shkodrës si rezultat i faktorëve natyrorë dhe njerëzorë çon në përmbytjen e zonës së Shkodrës.

Për të studiuar procesin e përmbytjeve dhe rrjedhjen në shtretërit e hapur modelet matematik janë një mjet shumë i vlefshëm. Modelet matematik të përmbytjeve janë elementë të rëndësishëm të Sistemeve të Paralajmërimit të Hershëm të Përmbytjeve. Hartat e shtrirjes së përmbytjeve të gjeneruar prej tyre shërbejnë për të paralajmëruar banorët në rast të një përmbytjeje të mundëshme. Harta e përhapjes së përmbytjes që rezultojnë nga modelet matematik për plota me përqindje sigurie të ndryshme mund të përdoren nga autoritetet lokale në hartimin e planeve urbanistike. Direktiva e Përmbytjeve e Parlamentit Evropian (2007/60/EC) në lidhje me vlerësimin dhe menaxhimin e përmbytjeve kërkon përpilimin e hartave të shtrirjes së përmbytjes dhe të riskut të përmbytjeve.

Në të shkuarën vlerësimi i niveleve të përmbytjeve dhe sipërfaqeve të përmbytura kryhej me anë të modeleve matematikë 1Dimensional. Këto modele parashikojnë shtrirjen e përmbytjes duke intersektuar nivelet e ujit me Modelin Dixhital të Terrenit. Me avancimin e metodave numerike dhe teknikave të matjeve të terrenit është bërë i mundur përdorimi i modeleve 2Dimensionale në parashikimin e përmbytjeve.

Modelet 2D marrin parasysh komponentet e shpejtësisë në drejtimet  $x$  dhe  $y$  në planin horizontal. Modelet 2D ndryshe nga modelet 1D japin një paraqitje më të saktë të procesit të përmbytjeve në kohë. Këto modele japin gjithashtu rezultate më të sakta të hartave të shtrirjes së përmbytjes, të thellësive dhe shpejtësive të ujit, si dhe kohëzgjatjes së përmbytjes. Një tip tjetër modelesh matematik janë modelet e kombinuar 1D/2D, ku rrjedhja brenda shtratit të lumit modelohet në 1D ndërsa kur lumi del nga shtrati dhe përmbyt fushën përreth modelohet në 2D. Kjo teknikë modelimi është shumë efektive pasi jep rezultate të sakta duke reduktuar kohën e simulimit të modelit.

Për të studiuar rregjimin ujqor të Tërësisë Ujqore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna janë kryer disa punime dhe studime. Këto punime dhe studime të referuara në këtë studim janë kryer duke aplikuar modele matematikë për lëvizjen e qëndrueshme dhe të paqëndrueshme në 1D.

## II. Qëllimi dhe argumentimi

Tërësia Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna grumbullon ujërat e një pellgu me sipërfaqe të përgjithshme prej rreth 20,000 km<sup>2</sup>. Sipërfaqja e përgjithshme e pellgut ujëmbledhës të kësaj Tërësie Ujore shtrihet në Shqipëri, Mal të Zi, Kosovë dhe Maqedoninë e Veriut. Sipërfaqja e konsiderueshme e pellgut ujëmbledhës, relievi i lartë e i thyer malor, rreshjet e shumta e intensive, ndërtimi litologjik i terrenit bëjnë të mundur që ky pellg të shquhet për një potencial të lartë hidrik. Kjo Tërësi Ujore karakterizohet nga një regjim ujqor tepër kompleks pasi ujërat e grumbulluara nga një pellg ujëmbledhës kaq i madh, kryesisht malor përqëndrohen në lumin Buna. Nëpërmjet shtrimit të lumit Buna, me një gjatësi rreth 44 km, derdhen në detin Adriatik ujërat e grumbulluara nga kjo Tërësi Ujore.

Në pjesën më të madhe të kohës ujërat e kësaj Tërësie Ujore derdhen në det nëpërmjet shtrimit të lumit Buna. Herë pas here ndodh që ujërat e grumbulluara nga ky pellg ujëmbledhës të tejkalojnë kapacitetin ujëmbajtës të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të Drinit duke përmblytur tokat bujqësore dhe zonat e banuara në zonën e Shkodrës. Për të studiuar rregjimin ujqor dhe përmblytjet në këtë Tërësi Ujore është aplikuar modeli matematik 1D dhe 2D i ndërtuar në softin SOBEK. Ky soft është zhvilluar nga Instituti Deltares në Delft, Hollandë.

Modeli matematik 1D bazohet në përfaqësimin e topografisë së shtrimit të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin me anë të rreth 400 profilave tërthorë të matur në distancë rreth 100 m nga njëri-tjetri. Modeli matematik 2D bazohet në përfaqësimin e topografisë së shtrimit të lumit dhe fushës që përmblytet me anë të rrjetës drejtkëndore me madhësi qelize 15 m. Rrjeta 2D bazohet në Modelin Dixhital të Terrenit (DTM) të gjeneruar nga profilat tërthorë të matur në lumin Buna dhe Drin dhe modelin e hartave dixhitale në shkallë 1:10 000.

Modelet matematikë 1D dhe 2D janë kalibruar duke aplikuar metodën tradicionale Trial-and-error. Kalibrimi është një element shumë i rëndësishëm në procesin e ndërtimit të një modeli matematik pasi vlerësohet sesa modeli i afrohet matjeve në terren. Procesi i kalibrimit të modeleve matematik vazhdon të mbetet një proces që kërkon një kohë të gjatë. Performanca e modeleve matematik gjatë fazës së kalibrimit është vlerësuar me anë të metodës së krahasimit grafik të niveleve orare të ujit të matura kundrejt atyre të simuluar, dhe testeve statistikore në stacionin on-line të Dajçit. Të dhënat orare të niveleve të ujit kanë bërë të mundur një kalibrim të detajuar të modeleve matematik për zonën në studim.

Validimi është një element shumë i rëndësishëm në procesin e ndërtimit të një modeli matematik pasi garanton besueshmërinë e modelit matematik të ndërtuar. Në procesin e kalibrimit vlerat e koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” sipas Manning ( $n_1$  për shtratin kryesor dhe  $n_2$  për anabrigjet) janë ndryshuar në mënyrë që rezultatet e modeleve matematikë të afrohen sa më shumë niveleve të ujit të matura. Në fazën e validimit të modeleve matematik vlerat e parametrit “ $n$ ” të pranuar në procesin e kalibrimit janë testuar për një set të ri të dhënash. Për validimin e modeleve matematik 1D dhe 2D është zgjedhur një plotë me kohëzgjatje dy mujore. Rezultatet e procesit të validimit kanë treguar një performancë pak më të mirë të modelit matematik 1D bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Kjo bën që modeli 1D të jetë më i përshtatshëm për të studiuar rrjedhjen e ujit brenda shtrimit të lumit dhe anabrigjeve. Modeli 1D është më efektiv në këtë rast pasi jep rezultate më të sakta në një kohë më të shkurtër.



Në këtë studim është analizuar ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna bazuar në rezultatet e modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Është marrë në studim dinamika e rrjedhjes në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raporte të ndryshme prurjesh  $q = Q_{\text{Buna}} / Q_{\text{Drini}}$ . Për një plotë kartakterisatike një mujore të analizuar vihet re ndikimi i lumit Drin në zvogëlimin e aftësisë shkarkuese të Bunës kur rrjedhja nga Drini bëhet dominante. Lumi Drin është një lumë i rregulluar ku rregjimi i tij ndikohet nga operimi i digave të ndërtuara në të. Luhatjet ditore të niveleve të lumit Drin, të shkaktuara nga operimi i hidrocentralit të Vaut të Dejës reflektohen në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna deri në Pulaj. Ky ndikim ndihet edhe në pjesën e sipërme të lumit Buna, para bashkimit me lumin Drin por në një shkallë më të vogël se në pjesën e poshtme. Lumi Drin megjithëse është një degë (tributar), ka një influencë shumë të madhe në rrjedhjen e lumit Buna.

Në këtë studim është analizuar gjithashtu ndikimi niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna. Në shqyrtim janë marrë nivelet mesatare të detit prej baticës meteorologjike 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m. Këtyre vlerave u është mbivendosur batica astronomike me amplitudë 40 cm ( $\pm 0.2$  m). Ndikimi i detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna është analizuar për seksionet tërthore përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta dhe të larta. Është vlerësuar deri sa km mbi grykëderdhjen ndihet ndikimi i niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna bazuar në rezultatet e modelit matematik.

Përmbytjet në Tërësinë Ujore janë studiuar me anë të modelit matematik 2D për plotën e Marsit 2018. Në këtë model vlerat e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning për fushën që përmbytet janë përcaktuar duke u bazuar në CORINE Land Cover 2012 database. Në këtë model janë shtuar të dhënat e argjinaturave në të dy anët e lumit Buna dhe në fushën e Nënshkodrës. Janë shtuar gjithashtu dhe të dhënat e kanaleve Kryesore të Kullimit dhe të Kolektorit të Murtemës. Ujërat e grumbulluar nga sistemi i kullimit derdhen në detin Adriatik nëpërmjet lagunës së Vilunit. Rezultatet e modelit matematik 2D të përmbytjeve tregojnë se argjinaturat dhe sistemi i kullimit kanë një ndikim të madh në dinamikën e përhapjes së përmbytjes.

Performanca e modelit matematik 2D të përmbytjeve është vlerësuar me anë të hartave të observuara të shtrirjes së përmbytjes. Këto harta janë gjeneruar nga imazhet satelitore për ditë të ndryshme të plotës së Marsit 2018 nga Copernicus Emergency Management Service. Këto harta kanë qënë shumë të vlefshme për të testuar sesa modeli matematik 2D parashikonte saktë shtrirjen e përmbytjes dhe momentin e përmbytjes për zona të ndryshme. Kjo ka ndihmuar në ndërtimin e një modeli matematik të saktë dhe të besueshëm për tu përdorur në të ardhmern.

Modeli matematik 2D i përmbytjeve i ndërtuar në softin SOBEK për zonën në studim mund të përdoret si pjesë e rëndësishme e Sistemeve të Paralajmërimit të Hershëm të Përmbytjeve. Në këtë model mund të simulohen plota të ndryshme që vijnë prej lumit Drin dhe prej liqenit të Shkodrës për të parë nëse shkaktojnë përmbytje për të paralajmëruar banorët e zonës së Shkodrës. Rezultatet e modeli 2D si hartat e shtrirjes së përmbytjes, të thellësive dhe shpejtësive të ujit mund të përdoren për ndërtimin e hartave të riskut të përmbytjeve.

### III. Përmbledhje

Ky studim është ndarë në nëntë kapituj të përshkruar si më poshtë:

**Kapitulli i parë** paraqet një përshkrim të përgjithshëm të pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Lumi Buna. Në të përfshihen të dhëna mbi pozicionin gjeografik liqenit të Shkodrës, lumit Drin dhe degët e tij, si dhe lumit Buna. Të dhëna mbi klimën dhe elementët përbërës të saj si temperatura e ajrit dhe reshjet. Paraqiten të dhëna mbi regjimin hidrologjik të Tërësisë Ujore ku përfshihet regjimi hidrologjik i lumit Drin, liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna. Në këtë kapitull paraqiten dhe të dhëna mbi gjeologjinë e zonës në studim si përbërja gjeologjike dhe hidrogeologjia.

**Kapitulli i dytë** paraqet tipet e modeleve matematik që përdoren për studimin e rrjedhjes në shtretër të hapur. Ku përmenden modelet matematik 1Dimensional (1D) të cilët aplikohen kur rrjedhja e ujit ndodh brenda shtratit të lumenjve. Jepet paraqitja skematike e modeleve 1D, të cilët përafrojnë topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë. Përmenden modelet matematik 2Dimensional (2D), të cilët aplikohen kur uji del nga shtrati i lumit dhe përmyt fushën përreth. Jepet paraqitja skematike e modeleve 2D, të cilët bazohen në rrjetën 2D të terrenit për të paraqitur topografinë e shtratit të lumit dhe fushës që përmytet. Në këtë kapitull prezantohen dhe modelet matematik të kombinuar 1D/2D. Jepet paraqitja skematike e modeleve të kombinuar 1D/2D, të cilët paraqesin topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë, ndërsa kur lumi del nga shtrati topografia e fushës që përmytet paraqitet me anë të rrjetës 2D të terrenit.

**Kapitulli i tretë** paraqet softin SOBEK, i cili është aplikuar për modelimin e rrjedhjes ujore në zonën në studim. Janë prezantuar modulet SOBEK 1D FLOW (Rural) dhe SOBEK 2D FLOW (Overland flow). Ekuacionet e lëvizjes 1D ku përfshihen ekuacioni i ruajtjes së masës dhe ekuacioni i ruajtjes së momentit. Janë paraqitur aspekte numerike të modelimit 1D në softin SOBEK si: diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së masës, momentit dhe energjisë sipas skemës numerike të diferencave të fundme (skema– Delft). Në këtë kapitull janë paraqitur dhe ekuacionet e lëvizjes në rrjedhjen 2D si dhe aspekte numerike të modelimit 2D në softin SOBEK. Është paraqitur gjithashtu edhe modelimi i kombinuar 1D/2D në softin SOBEK me ekuacionet përkatëse. Paraqitet filozofia e modelimit të kombinuar 1D/2D në softin SOBEK së bashku me skemat përkatëse në rastin e lumenjve të ngushtë dhe të gjerë. Problemet që ndeshen në aplikimin e modelimit të kombinuar 1D/2D në rastin e rrjedhjes në lumenjtë e gjerë.

**Kapitulli i katërt** paraqet ndërtimin e modelit matematik 1D për lumin Buna dhe pjesën e poshtme të lumit Drin. Hapat që janë ndjekur në ndërtimin e modelit matematik 1D, si vendosja në model e të dhënave gjeometrike. Janë paraqitur të dhënat kryesore gjeometrike që konsistojnë në skematikën e sistemit ujqor (bashkimi i rrjedhjeve midis lumit Drin dhe lumit Buna në nyjen e bashkimit të tyre dhe ndarja e rrjedhjeve të lumit Buna në degën e grykëderdhjes në Shqipëri dhe në Mal të Zi). Seksionet tërthore që përshkruajnë topografinë e shtratit të lumit Buna dhe pjesën e poshtme të Drinit (rreth 1km para bashkimit me Bunën). Të dhënat e seksioneve tërthore bazohen në matjet topografike të kryera në rajonin e studimit në periudhën 2005–2006, nga Akademia e Shkencave e Shqipërisë dhe Akademia e Shkencave dhe Arteve e Malit të Zi. Janë hedhur në modelin 1D të dhënat paraprake të koeficient të rezistencës në fërkim për seksionet

tërthore sipas Manning bazuar në rekomandimet nga literatura. Në modelin matematik 1D janë hedhur dhe parametrat numerik si hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  dhe hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$ . Vlerat e këtyre parametrave janë përzgjedhur në mënyrë që të garantojnë zgjidhjen e saktë numerike të ekuacioneve 1D të Saint-Venant.

Në këtë kapitull është paraqitur procesi i kalibrimit të modelit 1D të ndërtuar për zonën në studim. Është paraqitur vendodhja e stacioneve automatike on-line që janë përdorur për kalibrimin e modelit 1D. Si dhe seritë kohore të niveleve orare të ujit dhe prurjeve në stacionet e përzgjedhur. Janë paraqitur kriteret që janë përdorur për vlerësimin e performancës së modelit matematik duke përfshirë krahasimet grafike dhe testet statistikore. Paraqitet dhe analiza e performancës së modelit matematik në fazën e kalibrimit për seritë e niveleve orare të ujit në stacionin e Dajçit bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Në këtë kapitull paraqitet dhe procesi i validimit të modelit matematik 1D të ndërtuar për zonën në studim. Paraqitet gjithashtu dhe analiza e performancës së modelit matematik në fazën e validimit për serinë e niveleve orare të ujit për periudhën e zgjedhur bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore.

**Kapitulli i pestë** paraqet ndërtimin e modelit matematik 2D në softin SOBEK për Tërësinë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna. Hapat që janë ndjekur në ndërtimin e modelit matematik 2D, si vendosja në model e rrjetës 2D e topografisë së terrenit të zonës në studim. Rrjeta 2D e topografisë së terrenit është gjeneruar në softin ArcGIS duke integruar Modelin Dixhital të Terrenit (DTM) për shtratin e lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin me modelin e hartave dixhitale në shkallë 1:10 000. Në modelin matematik 2D është hedhur edhe rrjeta 2D e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning. Ajo përbëhet nga vlerat paraprake të koeficientit të ashpërsisë për pjesën e shtratit të lumit Buna dhe pjesën e poshtme të lumit Drin. Vlerat paraprake që janë bazuar në rekomandimet nga literatura, më pas janë saktësuar në procesin e kalibrimit të modelit 2D. Për pjesën e rrjetës 2D që shtrihet në fushën që përmblytet vlerat e koeficientit të ashpërsisë bazohen në të dhënat e mbulesës së tokës sipas CORINE Land Cover 2012 database. Në modelin matematik 2D janë hedhur dhe parametrat numerik si hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  dhe hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$ . Vlerat e këtyre parametrave janë përzgjedhur në mënyrë që të garantojnë zgjidhjen e saktë numerike të ekuacioneve 2D të Saint-Venant.

Në këtë kapitull është paraqitur procesi i kalibrimit të modelit 2D të ndërtuar për zonën në studim. Paraqitet dhe analiza e performancës së modelit matematik 2D në fazën e kalibrimit për seritë e niveleve orare të ujit për stacionet automatike on-line të përzgjedhur për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe nivele të larta. Vlerësimi i performancës së modelit matematik 2D në fazën e kalibrimit është bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Paraqitet dhe krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e kalibrimit për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe nivele të larta.

Në këtë kapitull paraqitet dhe procesi i validimit të modelit matematik 2D të ndërtuar për zonën në studim. Paraqitet gjithashtu dhe analiza e performancës së modelit matematik në fazën e validimit për serinë e niveleve orare të ujit për periudhën e zgjedhur bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Në këtë kapitull është paraqitet gjithashtu dhe krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e validimit për periudhën e zgjedhur.

**Kapitulli i gjashtë** trajton ndikimin e lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna. Në këtë kapitull analizohet dinamika e rrjedhjes në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin duke u bazuar në rezultatet e modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Modeli 2D bën të mundur paraqitjen e saktë të faktorëve të rëndësishëm si: këndi i bashkimit të rrjedhjeve, topografia e shtratit në nyjen e bashkimit dhe koeficienti i ashpërsisë së shtratit.

Në studim është marrë plota e Janar–Shkurt 2015, nga e cila janë veçuar tre raporte të ndryshme prurjesh  $q = Q_{\text{Buna}} / Q_{\text{Drini}}$ . Në këtë kapitull është paraqitur fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportet e prurjeve  $q > 1$ ,  $q \cong 1$ , dhe  $q < 1$ . Për të tre rastet dallohen elementët e mëposhtëm: zona e stanjacionit, zona e ndarjes, zona e ngushtimit të rrjedhjes dhe shtresa e përzierjes së rrjedhjeve.

Nivelet e ujit në nyjen e bashkimit të rrjedhjeve janë analizuar bazuar në rezultatet e modelit matematik 2D. Profili gjatësor i sipërfaqes së ujit është paraqitur në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin. Hidrografi i prurjeve është paraqitur në profilin në pjesën e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin për plotën e marrë në studim. Nga ku vërehet ndikimi i lumit Drin në aftësinë shkarkuese të Bunës kur rrjedhja nga Drini bëhet dominante.

Në këtë kapitull analizohet dhe ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e Bunës pas nyjes së bashkimit. Për këtë janë përzgjedhur seksionet tërthore përgjatë lumit Buna në afërsi të fshatrave: Darragjat, Samrisht, Belaj, Reç dhe Pulaj. Rezultatet e modelit matematik paraqesin luhatjet e nivelit të ujit në profilat e përzgjedhur ku si kusht kufitar i sipërm është përdorur hidrografi i prurjeve orare në Urën e Bunës (lumi Buna) dhe në Urën e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel deti 0 m, për të analizuar vetëm efektin e lumit Drin mbi rrjedhjen e lumit Buna, të pa ndikuar nga efekti i detit Adriatik.

**Kapitulli i shtatë** trajton ndikimin e niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna. Efekti i niveleve të detit Adriatik është analizuar në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna në afërsi të fshatrave: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut. Këto seksione ndodhen në distancat respektive nga deti: 3.4 km, 11.6 km, 21.6 km, 27 km, 37.5 km, 44 km, 43 km. Në shqyrtim janë marrë nivelet mesatare të detit 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m plus baticën astronomike 40 cm ( $\pm 0.2$  m) për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta (6–18 Nëntor 2014) dhe periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar–24 Shkurt 2015). Rezultatet e modelit matematik të ndërtuar në softin SOBEK tregojnë se luhatjet e nivelit të detit Adriatik kanë ndikim në regjimin e rrjedhjes përgjatë lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta.

Në këtë kapitull jepet një vlerësim sasior i rritjes maksimale të niveleve të lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta në seksionet e përzgjedhur: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut. Ky vlerësim sasior bazuar në rezultatet e modelit matematik është paraqitur për nivelet mesatare të detit 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m plus baticën astronomike 40 cm ( $\pm 0.2$  m). Në këtë kapitull jepet gjithashtu një vlerësim sasior i rritjes së nivelit të lumit Buna për pikun e plotës (periudha e rrjedhjes me nivele të larta) në seksionet e përzgjedhur: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut. Ky vlerësim sasior bazuar në rezultatet e modelit matematik është paraqitur për nivelet mesatare të detit 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m plus baticën astronomike 40 cm ( $\pm 0.2$  m).

**Kapitulli i tetë** paraqet modelimin matematik të përmbytjeve në zonën e Shkodrës. Faktorët që ndikojnë në përmbytjet në këtë zonë ku përfshihen faktorët natyrorë dhe njerëzorë. Paraqitet një historik i përmbytjeve në zonën e Shkodrës bazuar në të dhënat nga autorë të ndryshëm. Në këtë kapitull paraqitet modeli matematik 2D i përmbytjeve për zonën në studim i ndërtuar në softin SOBEK, në të cilin janë shtuar të dhënat e argjinaturave (dimensionet dhe kuotat) të ndërtuara në lumin Buna dhe Drin, si dhe në zonën e Nënshkodrës. Në këtë model janë shtuar gjithashtu dhe të dhënat (dimensionet dhe kuotat) e sistemit të kullimit të zonës së Nënshkodrës, ku përfshihen kanalet kulluese kryesore dhe kanali i Murtemës. Për modelimin matematik të përmbytjeve në Tërësinë Ujore të Liqenit të Shkodres, Lumit Drin dhe Buna është përdorur plota e ndodhur kohët e fundit, në Mars të vitit 2018. Kjo plotë është përzgjedhur sepse për të disponohen hartat e observuara të shtrirjes së përmbytjes në ditë të ndryshme bazuar në imazhet satelitore (Sentinel-1 dhe RADARSAT 2). Hartat e shtrirjes së përmbytjes janë gjeneruar nga programi Copernicus EMS për zonat Grile, Dajç, Scutari, Gomsiqe dhe Barbullush. Në këtë kapitull paraqiten hartat e shtrirjes së përmbytjes për zonën e Shkodrës pas bashkimit dhe përpunimit në softin ArcGIS të hartave (në formatin Vector) të pesë zonave të përmendura më sipër. Hartat e shtrirjes së përmbytjes së observuar janë paraqitur për datat 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018.

Për modelimin e përmbytjes së Marsit 2018 është përdorur si kusht kufitar i sipërm hidrografi i prurjeve në Urën e Bunës, me anë të cilit merren parasysh prurjet që dalin nga liqeni i Shkodrës. Një tjetër kusht kufitar i sipërm është hidrografi i prurjeve në Urën e Bahçellëkut (lumi Drin), i cili bën të mundur marrjen në konsideratë të prurjeve që hyjnë në Bunë nga lumi Drin. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur hidrografi i niveleve në grykëderdhjen e lumit Buna (deti Adriatik) në pjesën shqipëtare dhe atë malazeze, si dhe hidrografi i niveleve në lagunën e Vilunit (deti Adriatik). Meqëse nuk disponohen nivele të matura të ujit në detin Adriatik, është përdorur hidrografi i niveleve duke marrë një nivel mesatar deti 0.3 m dhe duke mbivendosur efektin e baticës  $\pm 0.2$  m. Në modelin matematik 2D janë përdorur si kushte fillestare nivelet e ujit në Urën e Bunës dhe në Urën e Bahçallëkut të marrë nga të dhënat e stacioneve online. Këto nivele uji paraqesin gjendjen e sistemit ujqor para ardhjes së plotës.

Në këtë kapitull janë paraqitur rezultatet e modelit matematik 2D për zonën në studim si nivelet e ujit të simuluar nga modeli 2D i përmbytjeve kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për plotën e Marsit 2018. Janë paraqitur edhe hartat e shtrirjes së përmbytjes dhe të thellësive të ujit për datat 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018. Këto harta janë krahasuar me hartat e shtrirjes së përmbytjeve të vrojtuar nga satelitet në datat përkatëse. Nga krahasimi i tyre është vlerësuar performanca e modelit matematik 2D të përmbytjeve për zonën në studim dhe janë nxjerrë konkluzionet përkatëse në lidhje me dinamikën e përmbytjes për plotën e Marsit 2018.

**Kapitulli i nëntë** jep përfundimet dhe rekomandimet e studimit.



## **KAPITULLI 1. PËRSHKRIMI I PËRGJITHSHËM I BASENIT UJËMBLEDHËS TË LUMIT BUNA**

### **1.1 Të dhëna mbi pozicionin gjeografik të lumit Buna dhe degët**

Lumi Buna është pjesë e Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna. Tërësia Ujore përbëhet nga bashkësia e pellgjeve ujëmbledhëse të lumit Drin (pjesa poshtë Vaut të Dejës) duke përfshirë këtu edhe pellgjet ujëmbledhëse të lumenjve Gjadër e Kir, pellgun ujëmbledhës të liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna prej daljes nga liqeni Shkodrës deri në det.

Tërësia Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna grumbullon ujërat e një pellgu me sipërfaqe të përgjithshme prej rreth 20,000 km<sup>2</sup>, ku vetëm lumit Drin me degët e tij i përkasin 14,173 km<sup>2</sup> (IHM, 1984), ndërsa liqenit të Shkodrës me afluentët e tij 5,631 km<sup>2</sup> (Sekulić *et al.*, 2014). Sipërfaqja e përgjithshme e pellgut ujëmbledhës të kësaj Tërësie Ujore është sa 70% e sipërfaqes së territorit të vendit tonë, ku një pjesë e konsiderueshme e saj shtrihet jashtë kufijve të vendit në Mal të Zi, Kosovë dhe Maqedoninë e Veriut. Në figurën 1.1 paraqitet harta e pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna.

Sipërfaqja e konsiderueshme e pellgut ujëmbledhës, relievi i lartë e i thyer malor, rreshjet e shumta e intensive, ndërtimi litologjik i terrenit bëjnë të mundur që ky pellg të dallohet për një potencial të lartë hidrik. Në hidrografinë e kësaj Tërësisë Ujore bëjnë pjesë Liqeni i Shkodrës me afluentin kryesor, lumin Moraça, lumi Drin me degët e tij Kiri e Gjadri dhe lumi Buna.

Tërësia Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna përbën një sistem hidrografik të komplikuar jo vetëm për Shqipërinë dhe Malin e Zi. Kjo ka të bëjë dhe me faktin që rrjedha e ujit e formuar nga një pellg ujëmbledhës kaq i madh përqëndrohet në lumin Buna. Lumi Buna konsiderohet një lum fushor, por që mbledh ujërat e një pellgu të madh kryesisht malor dhe nëpërmjet shtratit të tij e gjithë Tërësisë Ujore shkarkohen në detin Adriatik.

Rrjeti hidrografik i rrjedhjes së poshtme të kësaj Tërësie Ujore, si e gjithë ultësira bregdetare e vëndit tonë, historikisht ka pësuar ndryshime të vazhdueshme, ku natyrisht ndikim të rëndësishëm kanë patur lumi Drin, liqeni i Shkodrës dhe lumi Buna. Ndryshimet e vazhdueshme të rrjedhjeve të poshtme të lumenjve kanë ndodhur si rezultat i shpërndarjes shumë të çrregullt të reshjeve gjatë vitit, ku 70% deri 80% e sasisë vjetore të tyre bien në periudhën Tetor–Prill, madje mund të ndodhë të bien edhe 100 mm deri 400 mm në 24 orë ose 500 mm deri 600 mm në 2 ditë deri 5 ditë radhazi. Si rrjedhojë, lumenjtë në rrjedhjet e poshtme të tyre nuk mund të përcjellin sasinë e madhe të ujërave, kështu që ata dalin nga shtrati në mënyrë të pakontrolluar, shpesh herë duke u shoqëruar me krijimin e një shtrati të ri atje ku kushtet topografike e lejojnë atë (Stratobërdha, 2002). Si rezultat i ndikimeve të faktorëve të ndryshëm, lumenjtë Drini, Buna, Gjadri dhe Kiri, si pjesë e kësaj Tërësie, kanë pësuar ndryshime të theksuara gjatë periudhave historike.



**Figura 1.1:** Harta e pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna

Në mesin e shekullit të XIX, në dimrin e vitit 1846, sipas Zhan Briot, u bë ndarja e Drinit në dy degë. Sipas këtij autori, Drini pasi dilte nga Vau i Dejës drejtohej nga jugu për në Lezhë për të dalë në Adriatik. Në të njëjtin vit ai hapi një rrugë të re drejt veriut duke u derdhur në Bunë. Në këtë mënyrë, Drini u nda në dy pjesë, duke formuar Drinin e Lezhës dhe Drinin e Bahçellëkut. Sipas specialistëve të asaj kohe u vlerësua që prurja më e madhe e Drinit rreth  $\frac{2}{3}$  e tij, u drejtua për në Bunë (1.5 km më poshtë daljes së Bunës nga Liqeni i Shkodrës), ndërsa  $\frac{1}{3}$  për në Lezhë (Stratobërdha, 2002). Në figurën 1.2 paraqitet vendodhja e lumit Drin dhe lumit Buna para vitit 1846 marrë nga një hartë e vjetër venedikase (Harta Venedikase, 2018).





**Figura 1.2:** Vendodhja e lumit Drin dhe lumit Buna para vitit 1846 bazuar në një hartë të vjetër venedikase

Kjo ngjarje shkaktoi ndryshime të theksuara në rregjimin ujqor të kësaj Tërësie Ujqore. Si rrjedhojë e lëndës së ngurtë të lumit Drin, gradualisht tabani i shtratit të Bunës filloi të ngrihet. Seksioni tërthor i rrjedhjes u zvogëluar dhe u pakësua aftësia ujëheqëse e lumit Buna, ndërkohë që u dyfishua prurja e ujit që ky shtrat duhej të përcillte në det. Në të njëjtën kohë, ujërat e Drinit vështirësuan daljen e ujërave të liqenit të Shkodrës në Bunë, duke shkaktuar kështu ngritjen e nivelit të ujit në liqenin e Shkodrës dhe përmytjen e sipërfaqeve të konsiderueshme të tokave bujqësore përreth liqenit. Nivelet e liqenit të Shkodrës luhateshin më parë nga kuotat 2.5 m deri 5 m, ndërsa mbas kësaj ngjarje nivelet e liqenit u rritën gradualisht në kuotat 5 m deri 10 m (Stratobërdha, 2002).

Kjo situatë bëri që në fushën e Nënshkodrës, ndërmjet Bunës dhe Drinit të Lezhës, të shkaktoheshin përmytje që deri atëherë nuk ishin parë. Prurjet e ngurta që sillte Drini në Vaun e Dejës mesatarisht prej  $15 \times 10^6$  ton/vit, duke u depozituar në shtratin e Drinit dhe të Bunës, zvogëluar ndjeshëm kapacitetin transportues të ujërave të Tërësisë në drejtim të detit. Gjithashtu, lumi Buna e humbi aftësinë për të qënë i lundrueshëm, meqënëse thellësitë e ujit në të u zvogëluar shumë (Stratobërdha, 2002).

## Lumi Drin

Lumi Drin është lumi më i madh në vendin tonë, po ashtu më i madhi në bregdetin Adriatik të gadishullit të Ballkanit, përse i përket sipërfaqes së pellgut ujëmbledhës dhe shkallës së ujëshmërisë. Pellgu ujëmbledhës i Drinit ndodhet në pjesën veriore dhe lindore të vendit tonë. Sipërfaqja e përgjithshme e tij është  $14,173 \text{ km}^2$ , prej të cilave  $5,973 \text{ km}^2$  shtrihen brenda territorit të Shqipërisë, ndërsa pjesa tjetër ndodhet në Kosovë dhe Maqedoninë e Veriut. Pellgu ujëmbledhës i lumit Drin karakterizohet nga një reliev

malor me lartësi mesatare prej 971 m mbi nivelin e detit, kurse majat më të larta arrijnë në mbi 2,500 m. Rreth 50% e sipërfaqes ujëmbledhëse të këtij lumi në territorin e vendit tonë ndodhet mbi kuotën 850 m (IHM, 1984).

Lumi Drin nga fillimi i tij në Liqenin e Ohrit, Strugë, deri në derdhjen në lumin Buna, ka një gjatësi prej rreth 285 km dhe një rënie prej 685 m (IHM, 1984). Lumi Drin formohet nga bashkimi i dy lumenjve: lumit Drini i Zi dhe lumit Drini i Bardhë. Gjatësia e Drinit të Zi, që nga liqeni i Ohrit deri në Kukës, në bashkimin me Drinin e Bardhë, është 149 km dhe sipërfaqja e pellgut ujëmbledhës është 5,885 km<sup>2</sup>. Sipërfaqja e pellgut ujëmbledhës të lumit Drini i Zi mbledh ujërat nga zona në Greqi, Shqipëri dhe Maqedoninë e Veriut. Një pjesë e kësaj sipërfaqje ujëmbledhëse i takon Liqenit të Prespës pasi ajo furnizon ujërat e liqenit të Ohrit nëpërmjet një zone karstike (IHM, 1984). Në lumin Drini i Zi derdhen lumenj dhe përrenj të shumtë si: Radika, Okshtun, Zalli i Bulqizës, Veleshnica, Molla e Lurës, Bushtrica, etj.

Lumi Drini i Bardhë nga burimi në territorin e Kosovës deri në bashkimin me Drinin e Zi ka një gjatësi prej rreth 136 km. Lumi Drin i Bardhë mbledh ujërat e një zone karstike me sipërfaqe prej rreth 4,964 km<sup>2</sup>, nga e cila 4,360 km<sup>2</sup> ndodhet në territorin e Kosovës ndërsa pjesa tjetër në vendin tonë (IHM, 1984). Në lumin Drini i Bardhë derdhen lumenj dhe përrenj të shumtë si: Lumbardhi i Pejës, Lumbardhi i Deçanit, Istog, Kujafq, Klina, Mirusha, Ereniku, Toplluha, Lumbardhi i Prizrenit, Luma, etj.

Rrjedha e mesme e lumit Drin shtrihet pas bashkimit të dy lumenjve në Kukës deri në Vaun e Dejës. Në këtë pjesë të lumit Drin derdhen lumenj dhe përrenj të vegjël si: Kruma, Vllahina, Sërriqe, Goska e Madhe, Valbona, Gashi, Curraj, Shala, Spaçi, Gomina, etj. Në rrjedhën e mesme të lumit Drin janë ndërtuar për prodhimin e energjisë elektrike disa diga me rezervuarët përkatës: Fierza, Komani dhe Vau i Dejës. Ndërtimi i tyre ka përfunduar në vitin 1985, duke bërë që rrjedhja e lumit Drin mos të jetë më natyrale.

Rrjedhja e poshtme e lumit Drinit shtrihet nga Hidrocentrali i Vaut të Dejës deri në bashkimin me lumin Buna. Në këtë pjesë të lumit Drin kohët e fundit është ndërtuar hidrocentrali me derivacion i Ashtës (Ashta 1 dhe Ashta 2).

Deri në vitin 1956, lumi Drin pas Vaut të Dejës, ndahej në dy degë, në atë të Bahçellëkut, e cila derdhej në lumin Buna, dhe në degën e Lezhës, e cila pasi merrte dhe ujërat e lumit Gjadër derdhej në det. Pas ndërtimit të argjinaturës së Gjadrit si dhe pritës së Mjedës, ujërat e lumit Drin, kalojnë kryesisht në drejtim të Bahçellëkut dhe derdhen në lumin Buna (IHM, 1984). Lumi Drini i Lezhës aktualisht ka një sipërfaqe ujëmbledhëse të vogël, dhe pasi kalon qytetin e Lezhës derdhet në detin Adriatik.

Në rrjedhën e poshtme të lumit Drin pas Vaut të Dejës derdhen lumenjtë Gjadër dhe Kir me një sipërfaqe të pellgut ujëmbledhës respektivisht prej 200 km<sup>2</sup> dhe 264 km<sup>2</sup> (IHM, 1984). Lumi Gjadër derdhet në bregun e majtë të lumit Drin mbi Spatharë, ndërsa lumi Kir derdhet në bregun e djathtë të lumit Drin në afërsi të qytetit të Shkodrës. Rreth 1 km pas bashkimit të lumit Kir në Drin, lumi Drin derdhet në lumin Buna.

## **Liçeni i Shkodrës**

Liçeni i Shkodrës është liçeni më i madh në gadishullin e Ballkanit. Ai shërben gjithashtu dhe si kufi ndërmjet Shqipërisë dhe Malit të Zi. Në territorin e Malit të Zi gjendet rreth 60% e sipërfaqes së liçenit, ndërsa në Shqipëri rreth 40%. Gjatësia e vijës së bregut të liçenit është rreth 150 km. Bregu perëndimor dhe jugor i liçenit është i thyer i kufizuar nga Mali i Taraboshit dhe Mali Rumia, ndërsa pjesa veriore dhe lindore e liçenit karakterizohet nga një terren më i ulët. Liçeni ka një formë eliptike të zgjatur në drejtimin VeriPerëndim–JugLindje, ku gjatësia maksimale e tij është 48 km, ndërsa gjerësia maksimale është 26 km (Sekulić *et al.*, 2014). Liçeni i Shkodrës është një liçen me origjinë tektonike dhe karstike. Ai është një liçen i çekët, me thellësi që variojnë mesatarisht nga 7–10 m (IHM, 1984). Niveli i liçenit të Shkodrës karakterizohet nga luhate të mëdha që variojnë nga 4.54 m (niveli minimal) deri në 10.44 m (niveli maksimal), ndërsa sipërfaqja e tij shkon nga rreth 350 km<sup>2</sup> deri në rreth 500 km<sup>2</sup>. Vëllimi i ujit në liçenin e Shkodrës varion nga 1.75 km<sup>3</sup> për thellësinë minimale deri në 4.25 km<sup>3</sup> për thellësinë maksimale (Sekulić *et al.*, 2014). Nivelet maksimale të liçenit të Shkodrës shkaktojnë përmytje në territorin shqiptar dhe në Malin e Zi. Pellgu ujëmbledhës i liçenit të Shkodrës është 5,631 km<sup>2</sup> ku rreth 80% e tij ndodhet në Malin e Zi, ndërsa 20% në Shqipëri (Sekulić *et al.*, 2014). Liçeni i Shkodrës hyn në kategorinë e liçeneve të hapur, pasi ujjat e tij shkarkohen në detin Adriatik nëpërmjet lumit Buna.

Në pjesën e liçenit që ndodhet në Malin e Zi derdhet lumi i Moraçës me degët e tij Zeta dhe Cemi (Cijevna). Pellgu ujëmbledhës i lumit Moraça me sipërfaqe 3,257 km<sup>2</sup> (IHM, 1984) ndodhet në pjesën qendrore të Malit të Zi. Lumi Moraça buron në veri të Malit të Zi, në Malin Rzac në lartësinë 975 m mbi nivelin e detit. Në pjesën e sipërme dhe të mesme të tij lumi Moraça është shumë malor. Gjatësia e tij është rreth 113.4 km, dhe sipërfaqja e basenit ujëmbledhës në stacionin në Podgoricë është 2,628 km<sup>2</sup> (Sekulić *et al.*, 2014). Lumi Zeta, me një gjatësi prej 85 km është tributari kryesor i lumit Moraça që derdhet në krahun e djathtë të Moraçës (Sekulić *et al.*, 2014). Mbasi bashkohet me lumin Zeta, lumi Moraça kalon nëpër fushën Zeta dhe pasi bashkohet në të majtë me lumin Cem dhe në të djathtë me Sitnica derdhet në liçenin e Shkodrës.

Në pjesën perëndimore të liçenit të Shkodrës (në territorin e malit të Zi) derdhen shumë rrjedhje të vogla sipërfaqësore ndër të cilat përmenden: Crmnica, Orahovstica, Cernojevica, etj. Në pjesën lindore të liçenit që ndodhet në Shqipëri derdhen Përroi i Vrakës, Rrjollit, Përroi i Thatë dhe Banushi, me sipërfaqe të pellgut ujëmbledhës respektivisht: 34.3 km<sup>2</sup>, 99.1 km<sup>2</sup>, 233 km<sup>2</sup> dhe 46.8 km<sup>2</sup> (IHM, 1984). Liçeni i Shkodrës dallohet dhe për burime të shumta karstike, ndër të cilat dallohet Syri i Sheganit, i cili ndodhet në bregun verilindor të liçenit.

## **Lumi Buna**

Lumi Buna është një lumë fushor në të cilin derdhen ujjat e një baseni të madh malor. Baseni ujëmbledhës i lumit Buna ka një lartësi mesatare prej rreth 909 m (IHM, 1984). Lumi Buna buron në liçenin e Shkodrës dhe rreth 1.5 km pas daljes nga liçeni i Shkodrës në të bashkohen ujjat e lumit Drin. Lumi Buna ka një gjatësi të përgjithshme prej 44 km, ku rreth gjysma e gjatësisë së tij nga fshati Samrisht deri në derdhjen në detin Adriatik përbën vijën e kufirit ndarës midis Malit të Zi dhe Shqipërisë. Lumi Buna karakterizohet nga meandrimet e shumta prej bashkimit me lumin Drin deri në grykëderdhjen në det, kjo për shkak të pjerrësisë së vogël të shtratit rreth 0.10‰. Lumi Buna në grykëderdhjen e tij në detin Adriatik formon një deltë tipike me dy degë, njëra ndodhet plotësisht në

territorin e Malit të Zi dhe tjetra shërben si kufi ndarës mes dy vendeve. Në grykëderdhjen e lumit Buna në det formohen ishuj aluvional, ndër të cilët mund të përmendim ishullin e Franc Jozefit, i cili ndodhet në territorin shqiptar dhe ishullin Ada, i cili ndodhet në territorin malazez.

Në formimin e rrjedhjes në një basen ujor ndikojnë faktorë të ndryshëm si klima, topografia, gjeologjia, hidrologjia, mbulesa e tokës, etj.

## **1.2 Klima**

Klima është një faktor shumë i rëndësishëm që ndikon në rrjedhjet ujore. Klima përcaktohet nga faktorë të ndryshëm si pozicioni gjeografik, lartësia mbi nivelin e detit, topografia, distanca nga deti, mbulesa e tokës, etj. Elementë të rëndësishëm të klimës janë temperaturat, reshjet, era, rrezatimi diellor, lagështia, etj.

Pellgu ujëmbledhës i Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Drini dhe Buna ka një klimë tipike Mesdhetare, e cila karakterizohet nga një verë e ngrohtë dhe e thatë dhe nga një dimër i lagësht. Bazuar në Klimën e Shqipërisë sipas (IHM, 1975), territori i vendit tonë është i ndarë në katër zona klimatike: Zona Mesdhetare Fushore, Zona Mesdhetare Kodrinore, Zona Mesdhetare Paramalore dhe Zona Mesdhetare Malore. Në këtë Tërësi Ujore përfshihen të katër zonat klimatike, për shkak të shtrirjes së gjerë të sipërfaqes dhe variacionit të lartësisë nga niveli i detit nga Ultësira e Shkodrës deri në 2500 m në zonën e Alpeve. Bazuar në (IHM, 1975), pellgu ujëmbledhës i lumit Drin me degët e tij shtrihet kryesisht në Zonën Mesdhetare Paramalore dhe Mesdhetare Malore, ndërsa pellgu i liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna shtrihet në Zonën Mesdhetare Malore, Mesdhetare Kodrinore dhe Mesdhetare Fushore. Në figurën 1.3 paraqiten zonat dhe nënzonat klimatike të Shqipërisë, Burimi: (IHM, 1988).

Rrjedha e poshtme e lumit Drin dhe lumit Buna nga dalja nga liqeni i Shkodrës deri në detin Adriatik shtrihen në zonën klimatike Mesdhetare Fushore. Kushtet klimatike të zonës Mesdhetare Fushore ndikohen kryesisht nga influenca e detit Adriatik. Influenca e detit është shumë e dukshme në regjimin e erës, i cili dominohet nga briza detare. Influenca e detit ndihet dhe në vlerat minimale dhe maksimale të temperaturave, të cilat nuk arrijnë nivele ekstreme (IHM, 1975).

### **1.2.1 Rregjimi termik**

Temperatura e ajrit është një element i rëndësishëm i klimës. Në figurën 1.4 paraqitet shpërndarja hapësinore e temperaturës mesatare vjetore në sipërfaqen e pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna brenda territorit të Shqipërisë, Burimi: (IHM, 1988). Pellgu ujëmbledhës i Tërësisë Ujore ka një regjim termik shumë të ndryshueshëm, për shkak të variacioneve të lartësisë nga niveli i detit. Bazuar në të dhënat në figurën 1.4, në pjesën e sipërme të basenit të lumit Drin temperaturat mesatare vjetore varrojnë nga 2°C–10°C, ndërsa në rrjedhën e mesme të basenit të lumit Drin ato varrojnë nga 6°C–14°C.

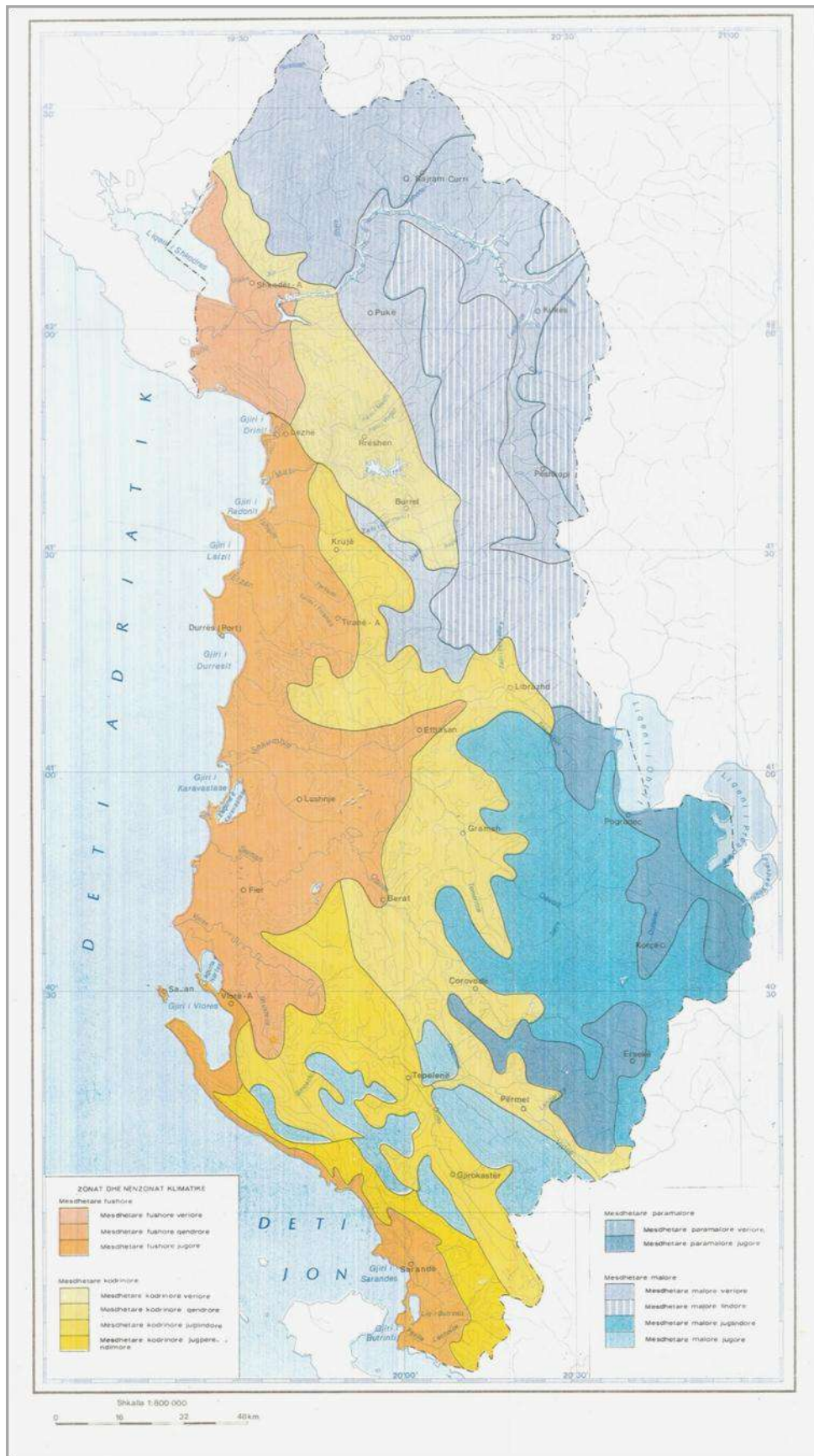
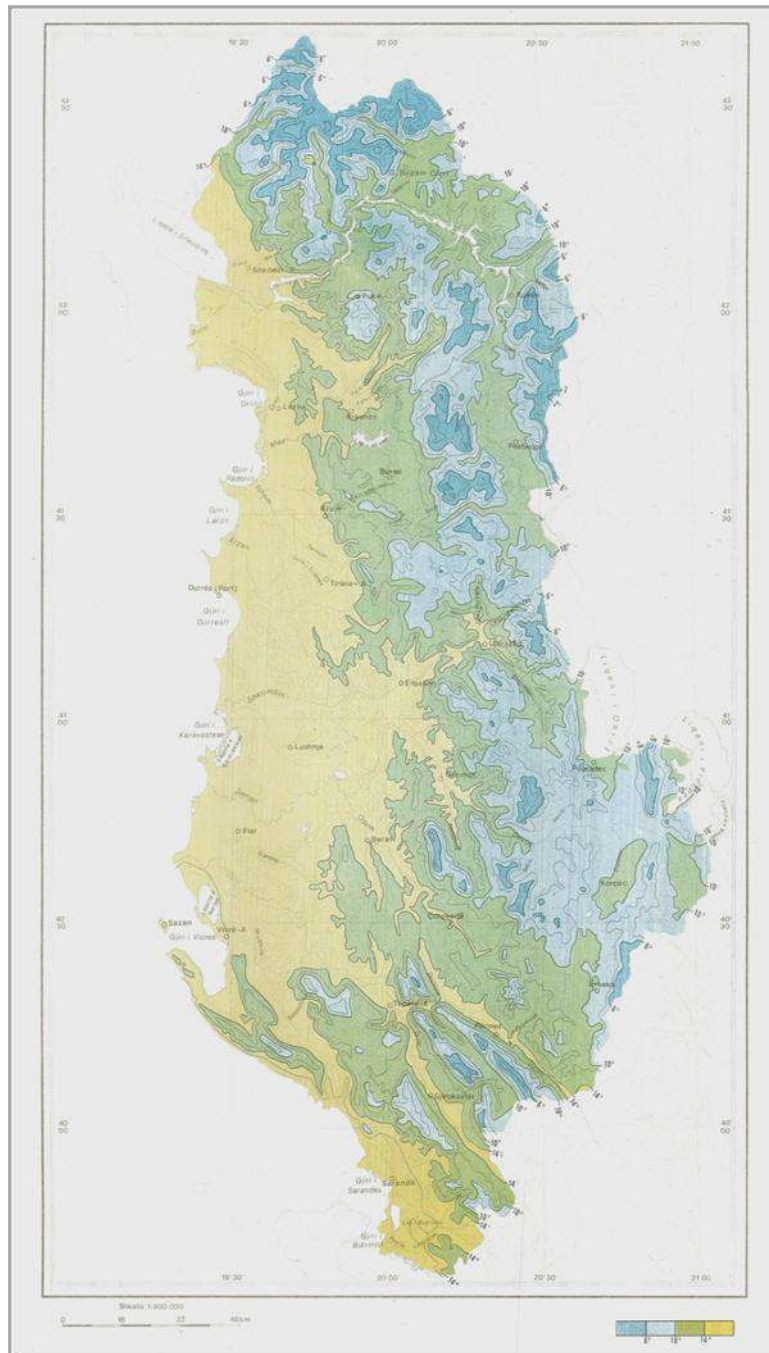


Figura 1.3: Zonat dhe nënzonat klimatike të Shqipërisë

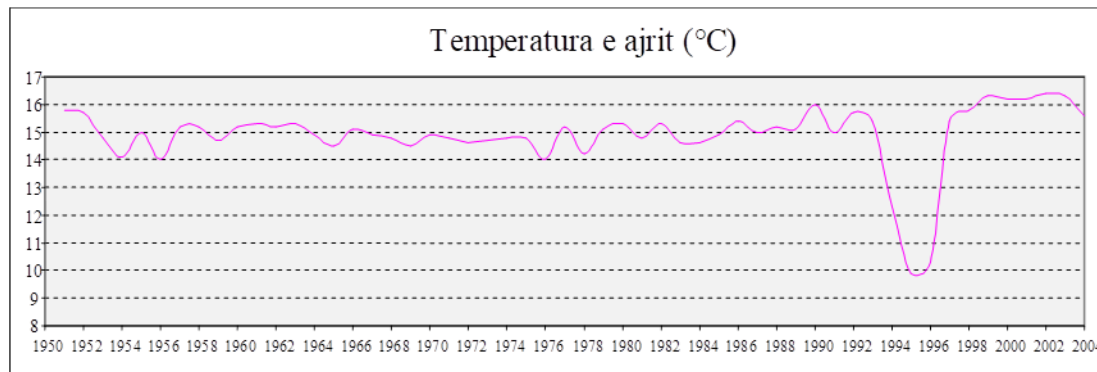
Pellgu ujëmbledhës i liqenit të Shkodrës karakterizohet nga një klimë Mesdhetare e ndikuar në mënyrë të ndjeshme nga malet që e rrethojnë. Ndikimi i maleve reflektohet në regjimin e reshjeve dhe temperaturave. Ndryshe nga zonat bregdetare, vihen re vera më të nxehta dhe më të thata dhe dimra më të lagësht e më të ftohtë që shoqërohen me ngrica dhe borë. Temperatura mesatare vjetore e ajrit në pellgun e liqenit të Shkodrës varjon nga 4°C–12°C (Sekulić *et al.*, 2014).



**Figura 1.4:** Shpërndarja hapësinore e temperaturës mesatare vjetore në Shqipëri

Rrjedha e poshtme e lumit Drin dhe lumi Buna nga dalja nga liqeni i Shkodrës deri në det, si pjesë e zonës klimatike Mesdhetare Fushore, karakterizohet nga vlera të larta të temperaturës së ajrit. Bazuar në të dhënat në figurën 1.4, temperatura mesatare vjetore për

këtë zonë është rreth  $15^{\circ}\text{C}$ . Muajt më të ngrohtë të vitit janë Korriku/Gushti me një temperaturë mesatare  $23.6^{\circ}\text{C}$ , ndërsa muaji më i ftohtë është Janari me një temperaturë mesatare  $6.2^{\circ}\text{C}$ . Diferenca e temperaturës midis muajit më të ngrohtë dhe muajit më të ftohtë ( $17.4^{\circ}\text{C}$ ), është relativisht e vogël në krahasim me zonat në pjesën e brendshme të territorit të vendit. Kjo ndodh për shkak të influencës së detit Adriatik në regjimin termal të kësaj zone (Hoxhaj *et al.*, 2015). Në figurën 1.5 paraqitet temperatura mesatare vjetore e ajrit për periudhën 1950–2004 në liqenin e Shkodrës bazuar në (Hoxhaj *et al.*, 2015).



**Figura 1.5:** Temperatura e ajrit për periudhën 1950–2004 në liqenin e Shkodrës

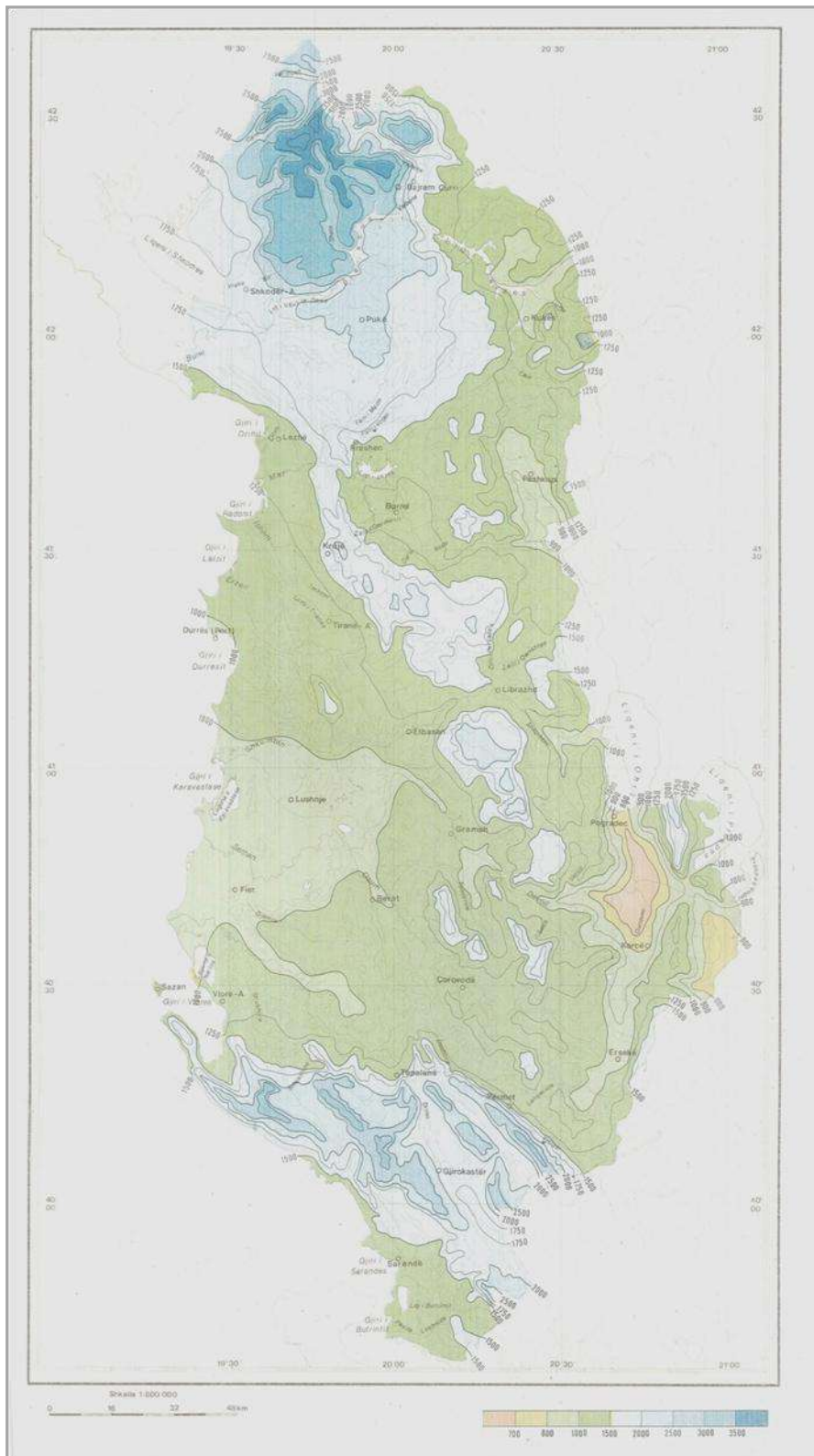
## 1.2.2 Reshjet

Reshjet janë gjithashtu një element i rëndësishëm i klimës. Në regjimin e reshjeve një ndikim shumë të madh kanë pozicioni gjeografik, distanca nga deti, topografia e terrenit, etj. Në vendin tonë regjimi i reshjeve ndikohet prej rrymave ajrore që vijnë nga oqeani Atlantik, për shkak të distancës jo shumë të largët prej tij. Regjimi i reshjeve në vendin tonë ndikohet shumë gjithashtu edhe nga deti Adriatik (Hoxhaj *et al.*, 2015). Shpërndarja vjetore, stinore dhe mujore e reshjeve është shumë e ndryshueshme brenda territorit të vendit tone.

Në figurën 1.6 paraqitet shpërndarja hapësinore e reshjeve mesatare vjetore dhe histogramat e tyre në sipërfaqen e pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Buna dhe Drini brenda territorit të Shqipërisë, Burimi: (IHM, 1988). Pellgu ujëmbledhës i Tërësisë Ujore ka një regjim reshjesh shumë të ndryshueshëm. Bazuar në të dhënat në figurën 1.6, në pjesën e sipërme të basenit të lumit Drin reshjet mesatare vjetore variojnë nga 900 mm deri në 1500 mm, ndërsa në rrjedhën e mesme të basenit të lumit Drin ato variojnë nga 1500 mm deri në 3500 mm.

Në zonën e Alpeve reshjet maksimale 24-orëshe arrijnë vlerën 300 mm–400 mm (Ndini, 2012). Në këtë zonë bie sasia më e madhe e reshjeve në të gjithë basenin e Tërësisë Ujore, ku dallohen stacionet Bogë dhe Theth (Selenica *et al.*, 2011).

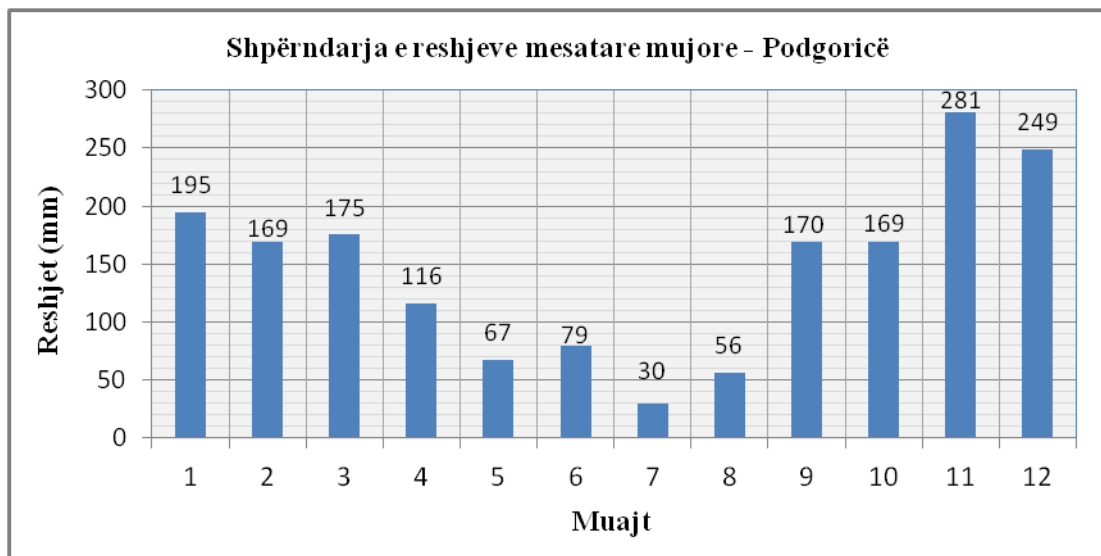
Baseni i liqenit të Shkodrës karakterizohet nga reshje mesatare vjetore që arrijnë vlerat nga 1700 mm deri në 3500 mm. Në rrjedhën e poshtme të lumit Drin dhe lumit Buna nga dalja nga liqeni i Shkodrës deri në det reshjet mesatare vjetore variojnë nga 1500 mm deri në 1700 mm, bazuar në të dhënat në figurën 1.6.



**Figura 1.6:** Shpërndarja hapësinore e reshjeve mesatare vjetore në Shqipëri

Në figurën 1.7 paraqitet shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në stacionin meteorologjik–Podgoricë bazuar në të dhënat sipas (Sekulić *et al.*, 2014).



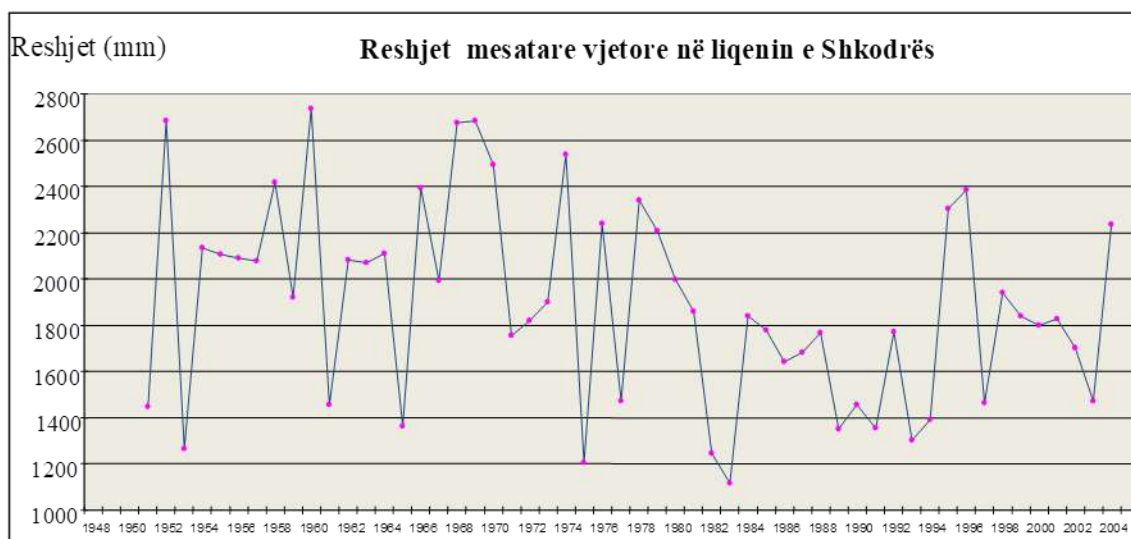


**Figura 1.7:** Shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në stacionin– Podgoricë

Nga shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në stacionin meteorologjik Podgoricë të paraqitur prej grafikut në figurën 1.7 dallohen dy periudha karakteristike: periudha e lagët me reshje (Tetor–Mars) dhe periudha e thatë me sasira të vogla reshjesh (Prill–Shtator). Në periudhën e lagët me reshje (Tetor–Mars) bie rreth 70% e sasisë së reshjeve vjetore. Nga grafiku në figurën 1.7 vihet re se vlera më e lartë e reshjeve mesatare mujore haset në muajin Nëntor rreth 281 mm, ndërsa vlera më e ulët në muajin Korrik rreth 30 mm. Sasia reshjeve mesatare vjetore në stacionin meteorologjik në Podgoricë është 1757 mm.

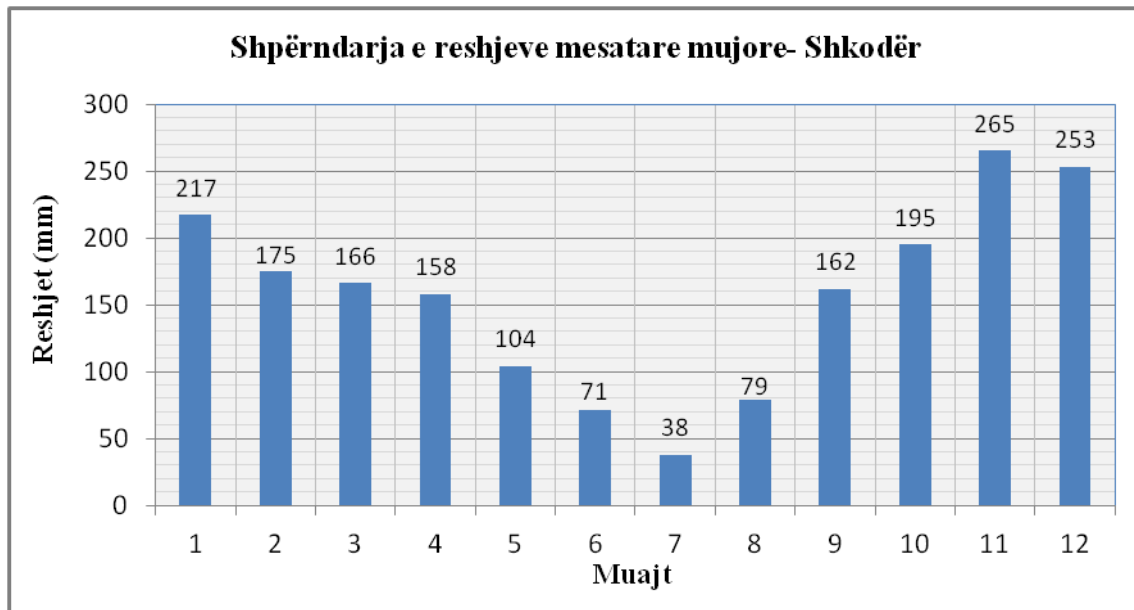
Bazuar në të dhënat sipas (Sekulić *et al.*, 2014), sasi të më të mëdha të reshjeve mesatare vjetore janë regjistruar në stacionin Andriljevo (në pjesën sipërme të basenit të lumit Moraça) dhe Danilovgrad (në basenin e lumit Zeta) respektivisht: 2836 mm dhe 2257 mm.

Në figurën e mëposhtme 1.8 paraqiten reshjet mesatare vjetore për periudhën 1950–2004 në liqenin e Shkodrës bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015). Nga grafiku në figurën e mëposhtme 1.8 vihet re një tendencë në rënie e e sasisë së reshjeve mesatare vjetore mbas vitit 1980.



**Figura 1.8:** Reshjet mesatare vjetore për periudhën 1950 – 2004 në liqenin e Shkodrës

Në figurën 1.9 grafiku i paraqitet shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në liqenin e Shkodrës bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).



**Figura 1.9:** Shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në liqenin e Shkodrës

Nga shpërndarja e reshjeve mesatare mujore në liqenin e Shkodrës paraqitur në grafikun në figurën 1.9 dallohen dy periudha karakteristike: periudha e lagët me reshje (Tetor–Prill) dhe periudha e thatë me sasira të vogla reshjesh (Maj–Shtator). Në periudhën e lagët me reshje (Tetor–Prill) bie rreth 75% e sasisë së reshjeve vjetore. Nga grafiku në figurën 1.9 vihet re se vlera më e lartë e reshjeve mesatare mujore haset në muajin nëntor rreth 265 mm, ndërsa vlera më e ulët në muajin korrik rreth 38 mm. Sasia e reshjeve mesatare vjetore në stacionin meteorologjik në liqenin e Shkodrës është rreth 1883 mm.

### **1.3 Regjimi hidrologjik i Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna**

Elementët kryesorë të regjimit hidrologjik të një sistemi uJOR janë: rrjedhja vjetore, rrjedhja maksimale dhe rrjedhja minimale. Natyra e shpërndarjes së rrjedhjes uJore gjatë periudhave të ndryshme të vitit, në përgjithësi përcaktohet nga shkalla e ndryshimit në hapësirë dhe kohë e faktorëve të ndryshëm fiziko-gjeografikë të territorit, veçoritë klimatike dhe nga ndërtimi gjeologjik i terrenit.

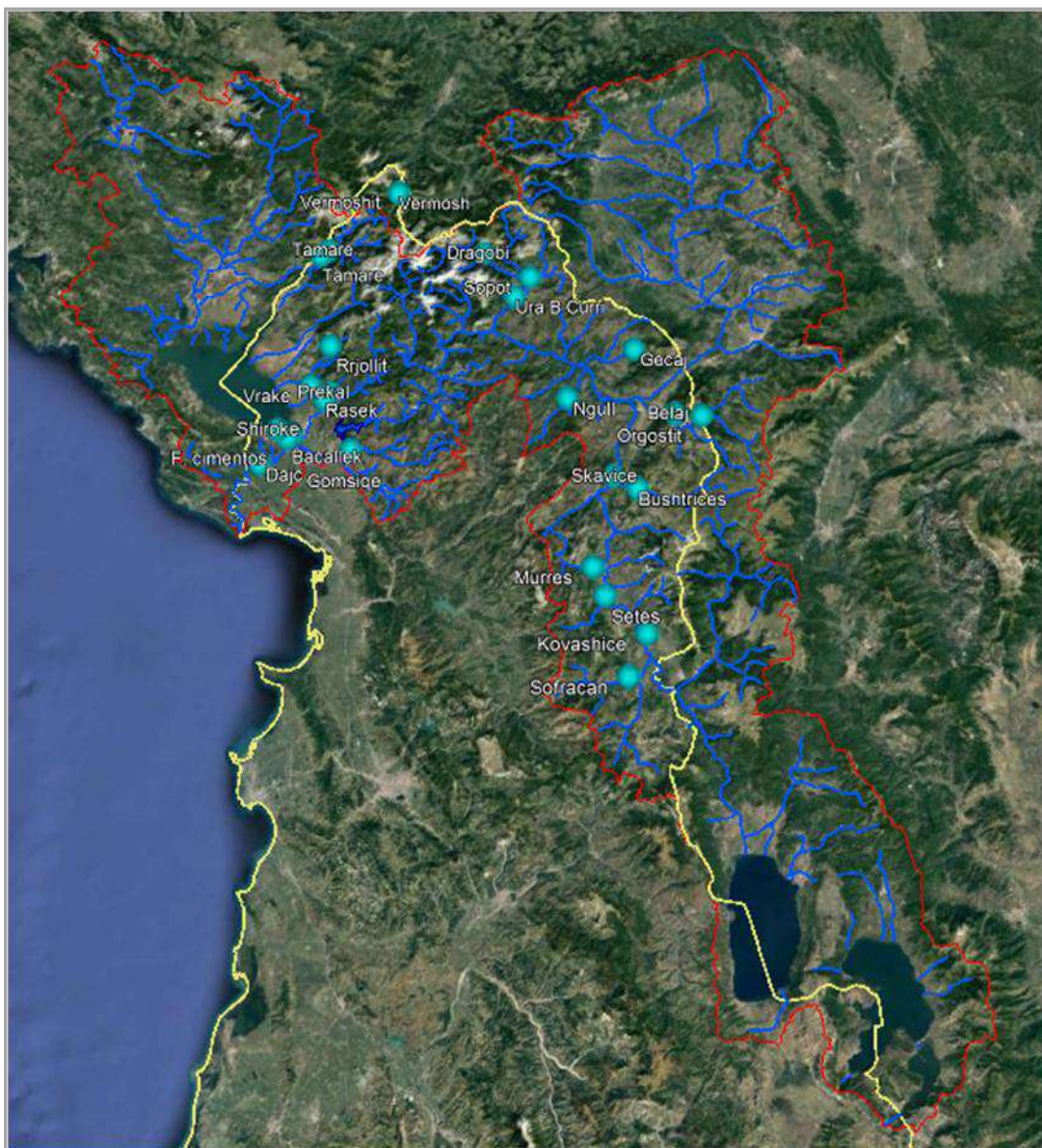
Në pellgun e Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Lumi Buna jo vetëm që bien sasira të mëdha reshjesh atmosferike, por edhe formacionet e përshkueshme që përbëjnë tokat e këtij pellgu ndihmojnë në filtrimin e reshjeve të rëna, duke zvogëluar në këtë mënyrë sasinë e ujit që largohet nga sipërfaqja e këtij pellgu ujëmbledhës gjatë procesit të avullimit (IHM, 1984).

Në pellgun e Tërësisë Ujore dallohen dy periudha karakteristike përsa i përket ujeshmërisë së rrjetit hidrografik: periudha e lagët (Tetor – Maj) dhe periudha e thatë

(Qershor – Shtator). Rrjedhja ujore ndryshon gjithashtu edhe gjatë stinëve dhe muajve të ndryshëm të vitit.

Gjatë periudhës së lagët të vitit kalon rreth 75 – 82% e rrjedhjes vjetore, ndërsa gjatë periudhës së thatë 14 – 20% e saj. Përsa i përket rrjedhjes stinore, në rrjetin hidrografik të kësaj Tërësisë Ujore, stinët me më shumë ujë janë dimri dhe vjeshta, përkatësisht me 22 – 38% dhe 26– 32% të rrjedhjes vjetore. Ndërsa stinët me më pak uji janë pranvera dhe vera me përkatësisht 12% dhe 23% të rrjedhjes vjetore (IHM, 1984).

Përveç rrjedhjes stinore një element i rëndësishëm është dhe shpërndarja e rrjedhjes mujore. Muaji me më shumë ujë është dhjetori me 8–15% të rrjedhjes vjetore, ndërsa muaji me më pak uji është korriku me 3– 7% të rrjedhjes vjetore (IHM, 1984). Vlerësimi i rregjimit hidrologjik të pellgut ujëmbledhës të Tërësisë Ujore është analizuar duke u bazuar në të dhënat e niveleve të ujit të marra nga stacionet hidrologjike paraqitur në figurën 1.10.



**Figura 1.10:** Vendodhja e stacioneve hidrologjike në pellgun e Tërësisë Ujore

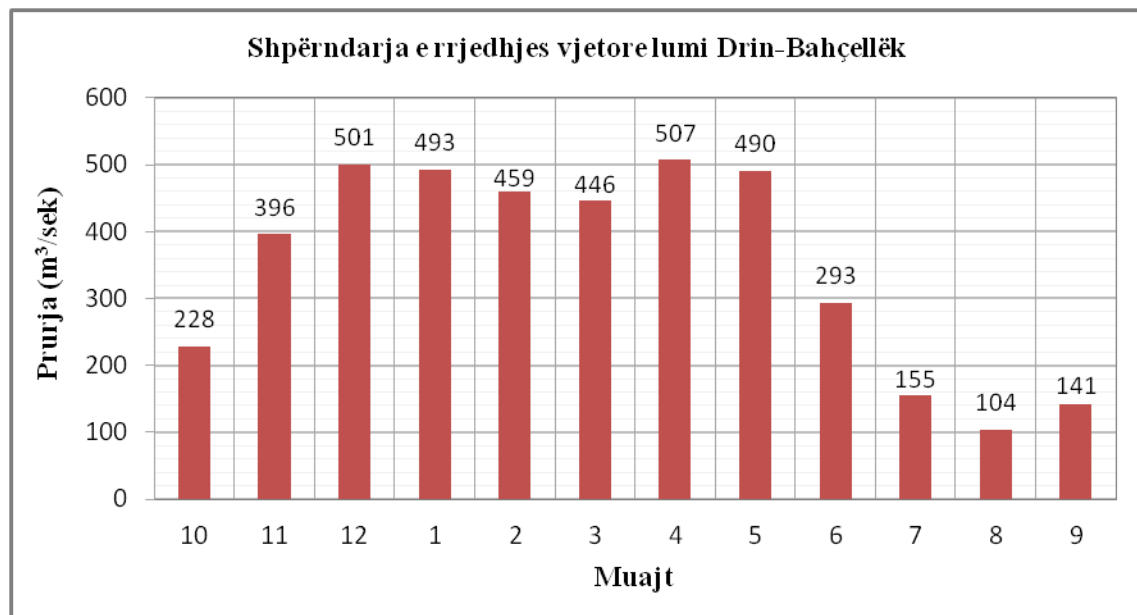
### **1.3.1 Regjimi Hidrologjik i lumit Drin**

Pellgu ujëmbledhës i lumit Drinit bazuar në (Hoxhaj *et al.*, 2015) është ndarë në dy pjesë të ndryshme nga pikpamje hidrologjike: pjesa e parë përfshin basenin e lumit Drin deri në Kukës dhe pjesa e dytë përfshin basenin e lumit Drin nga Kukës deri në Bahçellëk. Pjesa e dytë karakterizohet nga sasi të mëdha reshjesh (mbi dyfishin e sasisë së reshjeve të pjesës së parë), gjë e cila çon në vlera më të larta të rrjedhjes vjetore dhe të hidromodulit të rrjedhjes. Në veçanti zona nga Kukësi deri në Vaun e Dejës karakterizohet nga vlera të larta të parametrave të rrjedhjes ujore si: prurja, hidromoduli i rrjedhjes dhe koeficienti i rrjedhjes. Kjo rritje e konsiderueshme e parametrave të rrjedhjes lidhet kryesisht me sasinë e reshjeve që bien në këtë zonë dhe karakterin e reshjeve. Gjithashtu lidhet dhe me relievin malor të kësaj zone që karakterizohet nga Alpet si dhe strukturën gjeologjike ku mbizotërojnë formacionet gëlqerore me zhvillim të karstit.

Në tabelën 1.1 paraqiten vlerat e prurjes mesatare vjetore për stacionet karakteristike përgjatë rrjedhjes së lumit Drin bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015). Në figurën 1.11 paraqitet grafiku i shpërndarjes së rrjedhjes ujore brenda vitit hidrologjik (Tetor– Shtator) në stacionin fundor të lumit Drin, Drini– Bahçellëk sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).

**Tabela 1.1** Prurjet mesatare vjetore për stacionet karakteristike përgjatë lumit Drin

<b>Stacioni</b>	<b>Prurja mesatare vjetore (m<sup>3</sup>/sek)</b>
Drini i Bardhë– Kukës	66.4
Drini i Zi – Kukës	116
Drini– Vau i Dejës	325
Gjadri – Mnellë	8.9
Kiri – Rasek	15.5
Drini – Bahçellëk	351



**Figura 1. 11:** Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në stacionin Drini – Bahçellëk

Nga grafiku i shpërndarjes së rrjedhjes vjetore në stacionin Drini Bahçellëk paraqitur në figurën 1.11 vihet re një minimum prej rreth 104 m<sup>3</sup>/sek në muajin Gusht. Përsa i përket vlerave maksimale vihen re dy maksimume, njëri në muajt Dhjetor– Janar rreth 501 m<sup>3</sup>/sek (stina e dimrit) dhe tjetri në muajt Prill– Maj rreth 507 m<sup>3</sup>/sek. Maksimumi i prurjeve në muajt Prill– Maj në stinën e pranverës ndodh për shkak të shkrirjes së borës.

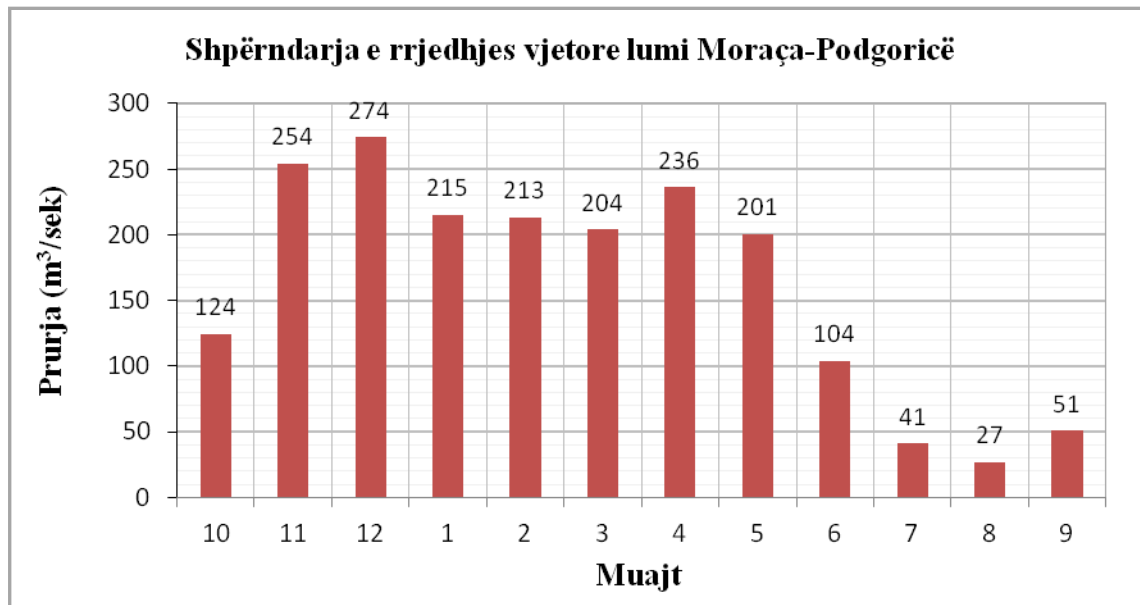
Prurja mesatare vjetore për lumin Drin në Bahçellëk është 351 m<sup>3</sup>/sek, që rezulton në një volum total vjetor të rrjedhjes rreth 11.1 km<sup>3</sup>.

### 1.3.2 Regjimi Hidrologjik i liqenit të Shkodrës

Regjimi ujqor i liqenit të Shkodrës është shumë kompleks. Në të ndikojnë shumë element përbërës të basenit ujëmbledhës si: klima, topografia, përbërja gjeologjike, mbulesa e tokës, etj. Në bilancin ujqor të liqenit ndikojnë faktorë të ndryshëm si sasia e reshjeve që bien në sipërfaqen e liqenit dhe pellgut ujëmbledhës, rrjedhjet sipërfaqësore dhe nëntokësore hyrëse në liqen, avullimi, rrjedhjet sipërfaqësore dhe nëntokësore dalëse nga liqeni. Variacionet e faktorëve të përmendur më sipër reflektohen në luhatjet e nivelit të liqenit të Shkodrës, të cilat janë mujore, sezonale ose vjetore.

Bazuar në studime të ndryshme të kryera nga (IHM, 1984) dhe (Sekulić *et al.*, 2014) për vlerësimin e bilancit ujqor të liqenit të Shkodrës rezulton se ushqyesi kryesor i liqenit të Shkodrës është lumi Moraça. Rrjedha e lumit Moraça me prurje mesatare rreth 200 m<sup>3</sup>/sek përbën rreth 66% të volumit total të ujit që hyn në liqenin e Shkodrës. Pjesa tjetër e volumit të ujit që hyn në liqenin e Shkodrës përbëhet nga përrenj që derdhen në pjesën malazeze dhe shqiptare të liqenit, reshjet e drejtpërdrejta në sipërfaqen e liqenit dhe ujërat nëntokësorë. Ujërat nëntokësorë përbëhen kryesisht nga ujërat e akuiferit të Fushës së Zetës dhe nga burimet karstike në anën jugperëndimore dhe verilindore të liqenit (Sekulić *et al.*, 2014).

Lumi Moraça është lumi kryesor që derdh ujërat në liqenin e Shkodrës pasi përshkon pjesën veriore të pellgut ujëmbledhës të liqenit. Pellgu i lumit Moraça karakterizohet nga karst i zhvilluar. Nga ana klimatike ky pellg ndodhet në një zonë me reshje të shumta shiu dhe bore. Plotat në lumin Moraça formohen kryesisht nga shirat. Plotat më të mëdha hasen në muajt Nëntor dhe Dhjetor (Sekulić *et al.*, 2014). Në figurën 1.12 paraqitet shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në stacionin hidrometrik në lumin Moraça–Podgoricë, bazuar në të dhënat e regjistruara nga Janari 1948 deri në Dhjetor 2012 (Sekulić *et al.*, 2014). Prurja mesatare vjetore për lumin Moraça në Podgoricë bazuar në të dhënat sipas (Sekulić *et al.*, 2014) është rreth  $162 \text{ m}^3/\text{sek}$ .

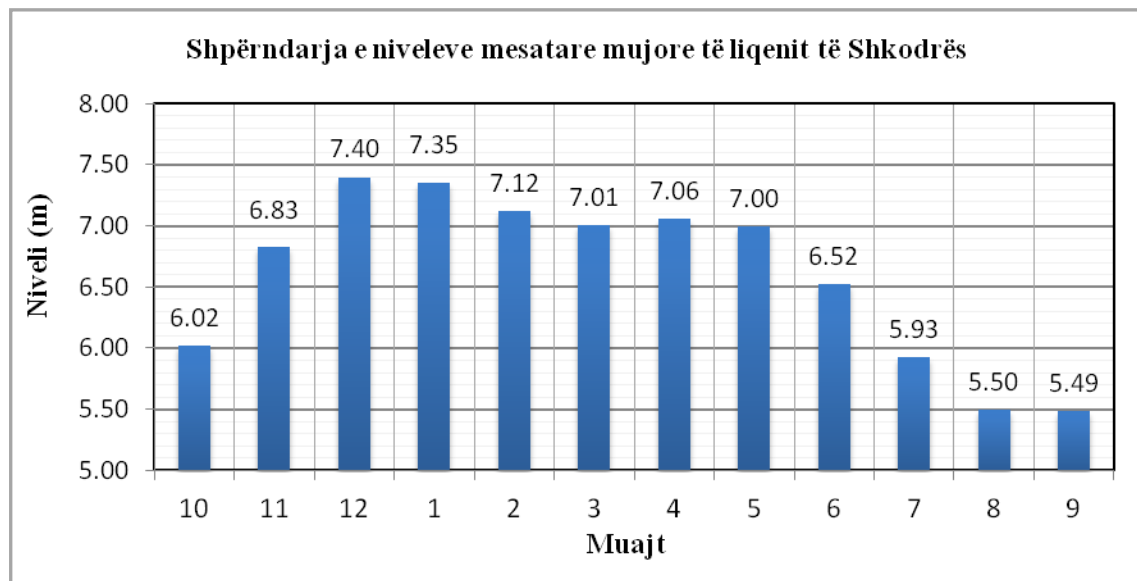


**Figura 1.12:** Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumin Moraça – Podgoricë

Nga grafiku i shpërndarjes së rrjedhjes vjetore në lumin Moraça në stacionin Podgoricë paraqitur në figurën 1.12 dallohen dy periudha karakteristike përsa i përket ujëshmërisë së rrjetit hidrografik: periudha e lagët (Tetor– Maj) dhe periudha e thatë (Qershor– Shtator).

Nga shpërndarja e prurjeve mesatare mujore në lumin Moraça– Podgoricë, vihet re dy maksimume, njëri në muajin Dhjetor prej rreth  $274 \text{ m}^3/\text{sek}$ , në stinën e dimrit që është stina më e lagët dhe tjetri në muajin Prill rreth  $236 \text{ m}^3/\text{sek}$  në stinën e pranverës për shkak të shkrirjes së borës. Vlera minimale e rrjedhjes ujore haset në muajin Gusht rreth  $27 \text{ m}^3/\text{sek}$ , në stinën e verës që është dhe stina më e thatë.

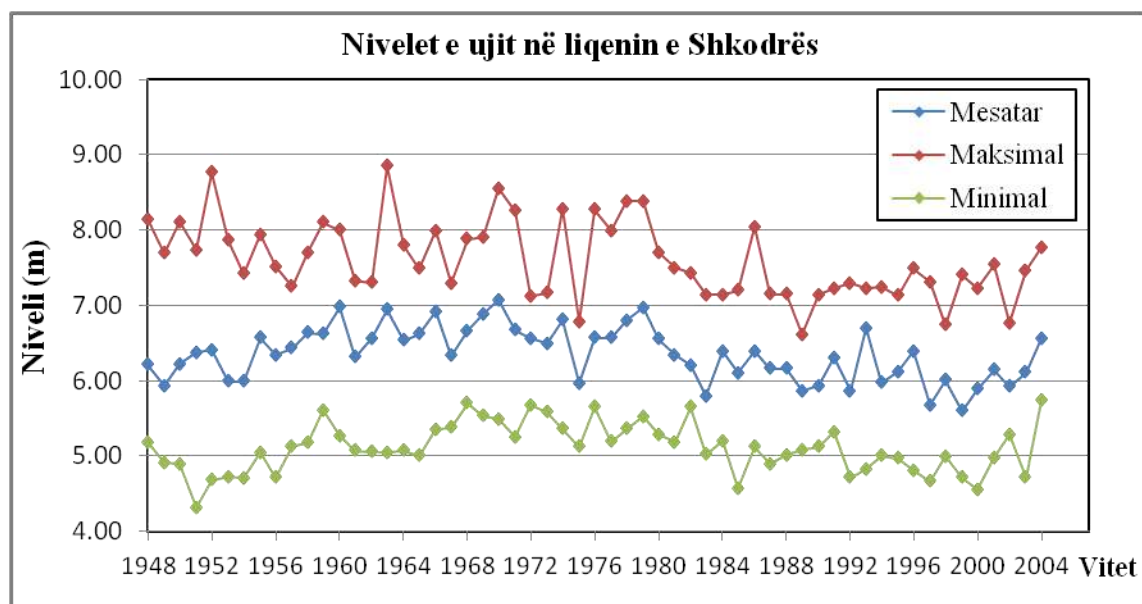
Lumi Buna është rrjedha dalëse (efluenti) nga liqeni i Shkodrës, duke bërë që ujërat e liqenit të Shkodrës të derdhen në detin Adriatik. Luhatjet e nivelit të ujit në liqenin e Shkodrës varen nga regjimi i rrjedhjeve hyrëse dhe dalëse. Në figurën 1.13 paraqitet shpërndarja e niveleve mesatare mujore të liqenit të Shkodrës bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).



**Figura 1.13:** Shpërndarja e niveleve mesatare mujore të liqenit të Shkodrës

Nga shpërndarja e niveleve mesatare mujore në liqenin e Shkodrës vihen re luhatje të mëdha të nivelit të ujit. Luhatjet e nivelit të ujit në liqenin e Shkodrës ndjekin regjimin e shpërndarjes së reshjeve mesatare mujore, që karakterizohen nga reshje të shumta në dimër dhe mungesë reshjesh në verë.

Nga grafiku i shpërndarjes së niveleve mesatare mujore të ujit në liqenin e Shkodrës figura 1.13 vihet re një maksimum në muajt Dhjetor– Janar rreth 7.4 m, në stinën e lagët të dimrit dhe një minimum në muajt Gusht– Shtator rreth 5.49 m, në fund të stinës së verës dhe fillim të vjeshtës (ku nivelet e avullimit janë të larta). Në figurën 1.14 paraqiten nivelet maksimale, mesatare dhe minimale të liqenit të Shkodrës për periudhën kohore 1948 deri 2004 bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).



**Figura 1.14:** Nivelet maksimale, mesatare dhe minimale të liqenit të Shkodrës për periudhën 1948 deri 2004

Prej grafikut në figurën e mësipërme 1.14 vihen re ndryshime të mëdha të niveleve të ujit të liqenit të Shkodrës, të cilat lidhen me prurjet hyrëse dhe dalëse nga liqeni si dhe faktin që liqeni i Shkodrës është një liqen i cekët. Mbas vitit 1980 vihet re një tendencë në rënie e niveleve të liqenit të Shkodrës, e cila lidhet me zvogëlimin e sasisë së reshjeve në basen (siç vihet re dhe në figurën 1.8). Mbas vitit 1980 vihet re dhe një zvogëlim i amplitudës së ndryshimit të niveleve të liqenit të Shkodrës, i cili lidhet me ndërtimin e rezervuarëve të digave në lumin Drin. Nivelet e ujit në liqenin e Shkodrës varen edhe nga prurjet e lumit Drin. Kontrolli i rrjedhjes së lumit Drin me anë të kaskadës së hidrocentraleve bën që të zvogëlohen rrjedhjet maksimale dhe rriten rrjedhjet minimale duke çuar në zvogëlim e amplitudës së ndryshimit të niveleve të liqenit të Shkodrës.

### **1.3.3 Regjimi Hidrologjik i lumit Buna**

Në regjimin ujqor të lumit Buna një ndikim shumë të madh ka lumi Drin. Influenca e lumit Drin ndihet jo vetem në rrjedhjen e lumit Buna pas nyjes së bashkimit me lumin Drin, por edhe në regjimin ujqor të lumit Buna nga dalja e tij nga liqeni Shkodrës deri në nyjen e bashkimit.

Regjimi i prurjeve të lumit Buna pasi del nga liqeni i Shkodrës varet nga nivelet e liqenit të Shkodrës, kapaciteti ujëmbajtës i Bunës dhe nga prurjet e lumit Drin. Rritja e niveleve të lumit Drin si rezultat i plotave bën që të pengohet rrjedhja e lumit Buna pasi del nga liqeni. Reduktimi i prurjeve dalëse të lumit Buna si rezultat i pengimit të rrjedhjes nga Drini çon në rritjen e nivelit të ujit në liqenin e Shkodrës. Në raste të veçanta kur rritja e niveleve të lumit Drin e gjejnë liqenin në nivele të ulëta ndodh dhe rrjedhje në drejtim të kundërt. Këto fenomene ndodhin kryesisht gjatë periudhës së lagët të vitit.

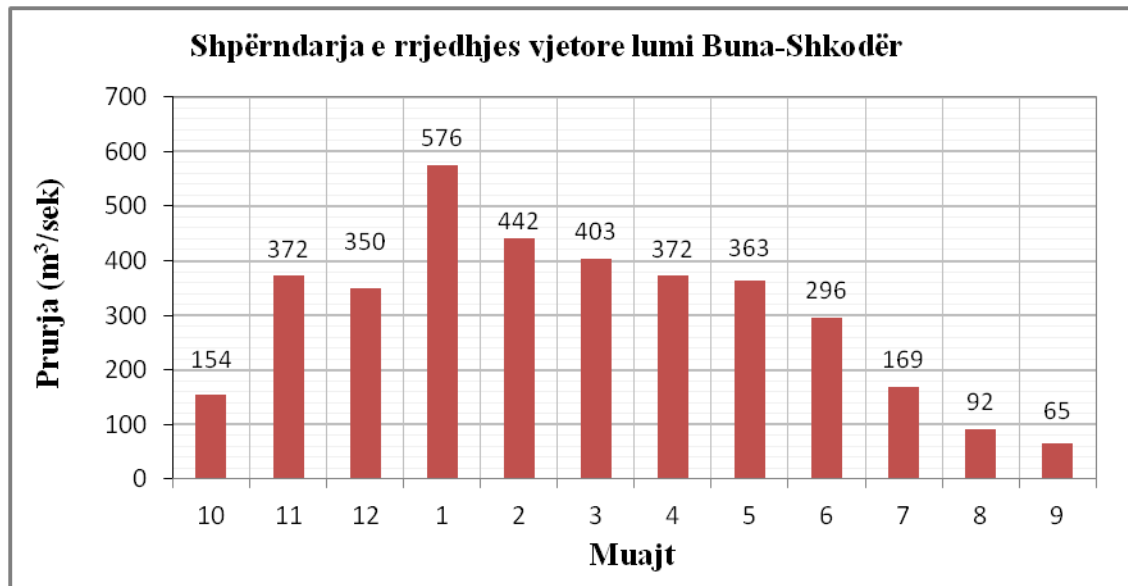
Për këtë arsye në regjimin ujqor të lumit Buna dallohen dy faza të cilat janë: (IHM, 1984)

- a. Faza kur rrjedhja e Bunës është e lirë, e pa penguar nga Drini
- b. Faza kur rrjedhja e Bunës është e penguar nga Drini

Vlerësimi i rrjedhjes vjetore në Tërësinë Ujqore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Lumi Buna është kryer sipas (IHM, 1984) duke analizuar veçmas: rrjedhjen e lumit Buna në daljen e tij nga liqeni i Shkodrës, rrjedhjen e lumit Drin para bashkimit me Bunën, dhe rrjedhjen e Bunës pas bashkimit me Drinin. Mbas aplikimit të disa metodave llogaritëse është pranuar se vlera e rrjedhjes mesatare vjetore e lumit Buna në dalje nga liqeni i Shkodrës është  $Q = 320 \text{ m}^3/\text{sek}$  (IHM, 1984). Kjo rezulton në një volum total vjetor të rrjedhjes rreth  $10.1 \text{ km}^3$  të lumit Buna pas daljes nga liqeni i Shkodrës.

Në figurën 1.15 paraqitet shpërndarja e rrjedhjes ujqore brenda vitit në lumin Buna–Shkodër, pas daljes nga liqeni bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).

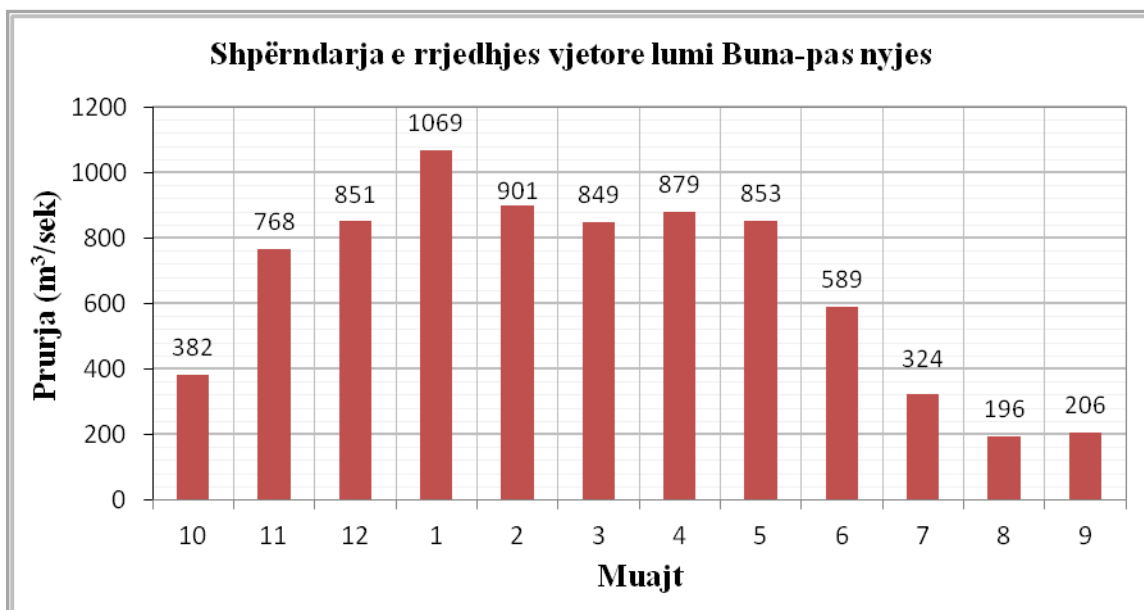




**Figura 1.15:** Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në stacionin Buna – Shkodër

Nga grafiku i shpërndarjes së rrjedhjes vjetore në lumin Buna në dalje nga liqeni i Shkodrës paraqitur në figurën 1.15 vihet re se një minimum në muajin shtator rreth 65m<sup>3</sup>/sek. Përsa i përket vlerave maksimale vihet re një maksimum në muajin Janar rreth 576 m<sup>3</sup>/sek.

Në figurën 1.16 paraqitet shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumin Buna pas nyjes së bashkimit me lumin Drin, bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015). Në figurën 1.17 paraqitet shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumenjtë Drin dhe Buna bazuar në të dhënat sipas (Hoxhaj *et al.*, 2015).



**Figura 1.16 :** Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumin Buna pas bashkimit me lumin Drin

Nga grafiku i shpërndarjes së rrjedhjes vjetore në lumin Buna në dalje nga liqeni i Shkodrës paraqitur në figurën 1.16 vihet re se një minimum në muajin Gusht rreth  $196 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Përsa i përket vlerave maksimale vihen re një maksimum në muajin Janar rreth  $1069 \text{ m}^3/\text{sek}$  dhe një maksimum tjetër në muajin Prill rreth  $879 \text{ m}^3/\text{sek}$  në stinën e pranverës. Prurja mesatare vjetore për lumin Buna pas bashkimit me lumin Drin është  $671 \text{ m}^3/\text{sek}$ , që rezulton në një volum total vjetor të rrjedhjes së lumit Buna dhe Drin rreth  $21.2 \text{ km}^3$ .

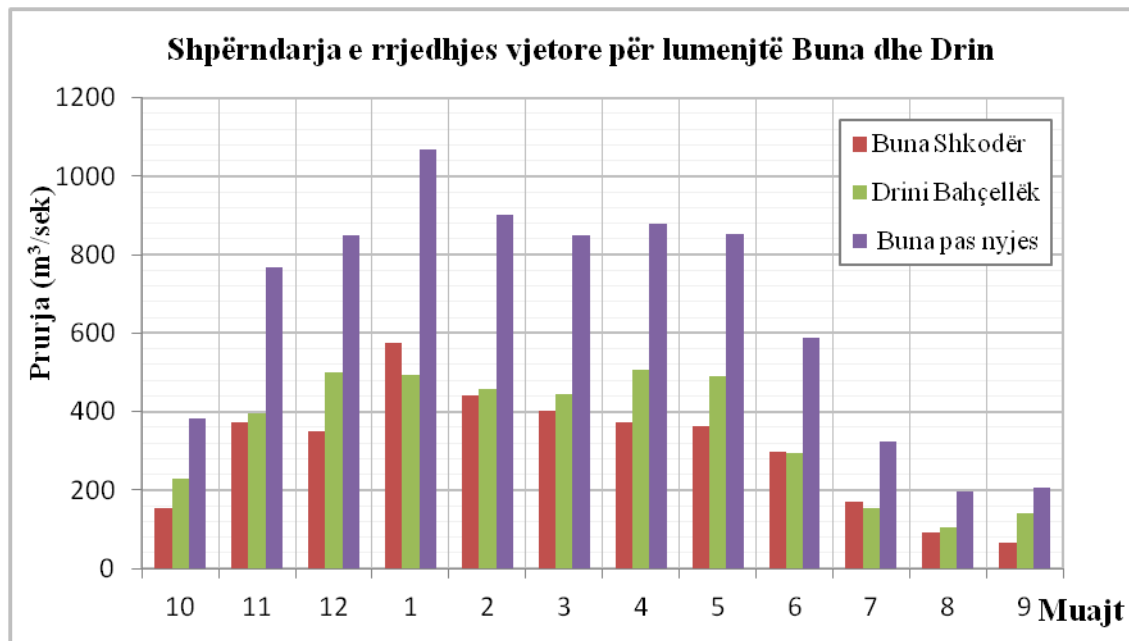


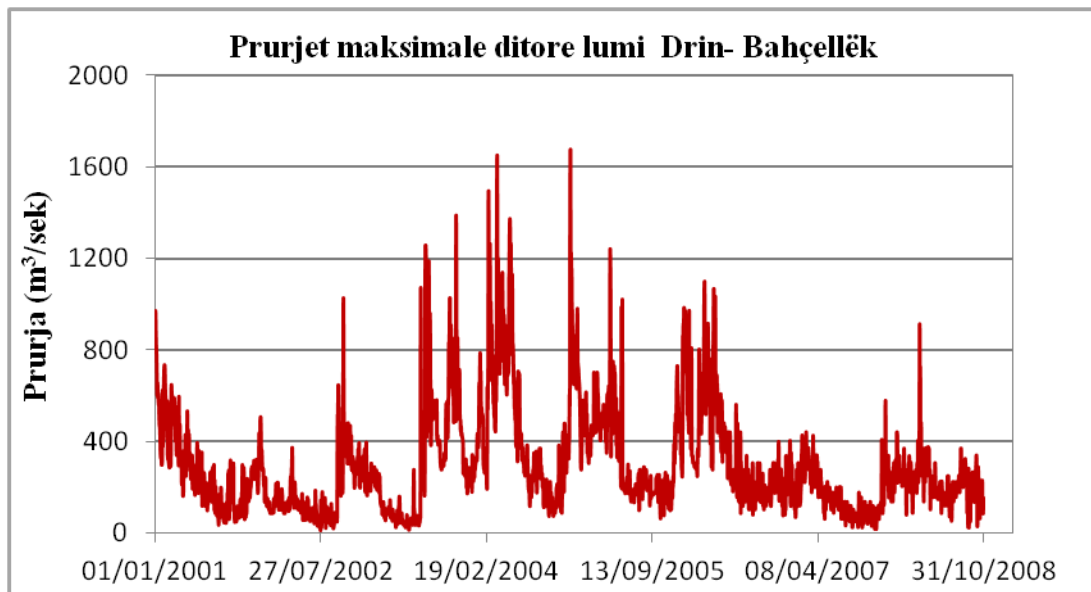
Figura 1.17: Shpërndarja e rrjedhjes ujore brenda vitit në lumenjtë Drin dhe Buna

Në figurën e mësipërme 1.17 të shpërndarjes së rrjedhjes ujore brenda vitit në lumenjtë Drin dhe Buna vihet re një maksimum në rrjedhjen e lumit Buna pas bashkimit me Drinin në muajin Janar dhe tjetri në muajin Prill. Maksimumi i dytë në muajin Prill është si rezultat i prurjeve të mëdha që vijnë nga Drini në këtë periudhë të shkrirjes së borës. Kjo tregon një ndikim shumë të madh të lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna.

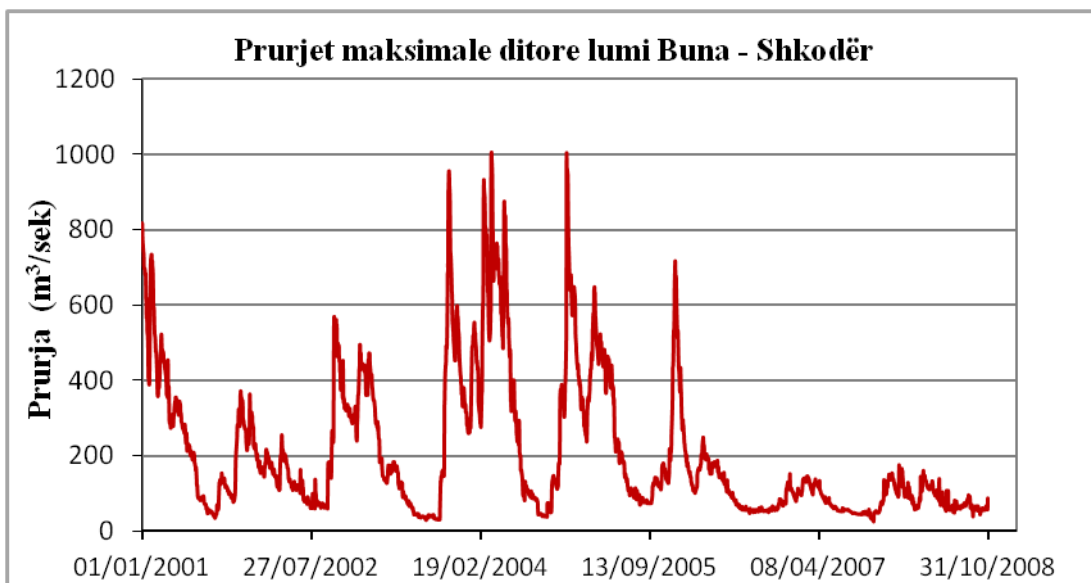
### 1.3.4 Rrjedhja maksimale

Rrjedhja maksimale është një element i rëndësishëm që karakterizon regjimin e rrjedhjeve ujore. Rrjedhja maksimale përcaktohet nga prurjet maksimale ditore, prurjet maksimale vjetore dhe eventet ekstreme (plotat).

Në figurat e mëposhtme 1.18 dhe 1.19 paraqiten prurjet maksimale ditore në lumin Buna– Ura e Bunës, dhe lumi Drin– Ura e Bahçellëkut, për periudhën kohore 01/01/2001 deri 31/10/2008 bazuar në të dhënat e IGJEUM. Këto prurje bazohen në matjet ditore të niveleve të ujit në stacionet manuale hidrometrike në Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) të kryera në orën  $07^{00}$  dhe  $17^{00}$ .



**Figura 1.18:** Prurjet maksimale ditore në lumin Drin në Bahçellëk për periudhën 01/01/2001 deri 31/10/2008



**Figura 1.19:** Prurjet maksimale ditore në lumin Buna në Shkodër për periudhën 01/01/2001 deri 31/10/2008

Për periudhën kohore të paraqitur në grafikët në figurat e mësipërme prurjet maksimale ditore arrihen në muajt Mars dhe Dhjetor 2004, ku për lumin Drin (prurja maksimale ditore rreth  $1650 \text{ m}^3/\text{sek}$ ) ndërsa për lumin Buna (prurja maksimale ditore rreth  $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$ ).

## **Eventet ekstreme – Plotat**

Në Tërësinë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna plotat ndodhin si rezultat i reshjeve të shiut në periudhën e lagësht të vitit, ku kalon reth 75– 85% e rrjedhjes vjetore (IHM, 1984). Në këtë Tërësi Ujore kanë ndodhur disa plota të mëdha, ndër to mund të përmendim plotat e viteve: 1851, 1854, 1858, 1905, 1962–1963, 1970–1971, 1979, 1992, 2003– 2004 ( Selenica, 2010) dhe Janar 2010, Dhjetor 2010. Ndër eventet ekstreme të ndodhura në zonën në studim mund të përmendim plotën e vitit 1962– 1963, si dhe plotën e ndodhur në Janar dhe Dhjetor të vitit 2010. Për këto evente ekstreme disponohen të dhëna hidrologjike të paraqitura më poshtë.

### ***Plota e vitit 1962– 1963***

Viti hidrologjik 1962– 1963 karakterizohet si një vit karakteristik i lagësht në termat e rrjedhjes vjetore dhe prurjeve maksimale në të gjithë lumenjtë e vendit. Në tabelën 1.2 paraqiten prurjet maksimale të llogaritura të plotës së periudhës Nëntor 1962 –Shkurt 1963 në zonën në studim sipas (Selenica, 2010) dhe (Ndini, 2012). Gjatë këtij eventi niveli në liqenin e Shkodrës arriti kuotën 10.32m dhe sipërfaqja e zonës së përmytur arriti në 18,575 ha në qarkun e Shkodrës dhe Lezhës (Ndini, 2012). Në këtë periudhë lumi Drin dhe Buna ishin pothuajse të paargjinuar, dhe rezervuarët në lumin Drin nuk ishin ndërtuar.

**Tabela 1.2** Prurjet maksimale të plotës së periudhës Nëntor 1962 –Shkurt 1963

<b>Nr</b>	<b>Lumi</b>	<b>Stacioni</b>	<b>Prurja ( m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Periudha kohore</b>
1	Drini i Zi	Kukës	1080	13.01.1963
2	Drini i Bardhë	Kukës	1450	13.01.1963
3	Drini	Vau Dejës	4920	13.01.1963
4	Drini	Bahçellëk	2370	13.01.1963
5	Buna	Shkodër	2000	13.01.1963
6	Buna	Fabrika Çimentos	5000	13.01.1963

### ***Plotat e vitit 2010***

Në janar të vitit 2010 si rezultat i reshjeve intensive në zonën në studim rrjedhja në lumin Drin u rrit në mënyrë të ndjeshme duke çuar në rritjen e shpejtë të nivelit të ujit në të tre rezervuarët e digave në lumin Drin. Kjo gjë çoi në shkarkimin e detyruar të ujit prej rezervuarve në kaskadën e Drinit. Shkarkimet maksimale prej kaskadës së Drinit arritën vlerën 2450 m<sup>3</sup>/sek. Në tabelën 1.3 paraqiten prurjet maksimale të llogaritura të plotës së Janarit të vitit 2010 në zonën në studim bazuar në të dhënat e studimit (Hoxhaj *et al.*, 2015). Gjatë këtij eventi niveli në liqenin e Shkodrës arriti kuotën 9.27 m. Sipërfaqja e

zonës së përmbytur arriti në 10,400 ha dhe rreth 2500 shtëpi dhe 4780 njerëz u evakuan (Hoxhaj *et al.*, 2015).

**Tabela 1.3** Prurjet maksimale të plotës së Janarit 2010

Nr	Lumi	Stacioni	Prurja (m <sup>3</sup> /s)	Periudha kohore
1	Drini	Bahçellëk	2806	08/01/2010
2	Buna	Shkodër	1505	11/01/2010
3	Buna	Fabrika Çimentos	4026	11/01/2010

Në muajin nëntor të vitit 2010 ranë shira të rrëmbyeshëm, duke filluar nga java e dytë e nëntorit deri në mes të muajit dhjetor. Gjatë kësaj periudhe (rreth një muaj) sasia totale e reshjeve të shiut arritën në 900 mm, që përbën gjysmën e reshjeve mesatare vjetore (Ndini, 2012), (Hoxhaj *et al.*, 2015). Kjo gjë çoi në rritjen e shkarkimeve prej kaskadës së Drinit rreth 3000 m<sup>3</sup>/s dhe nivelet në liqenin e Shkodrës të arrinin vlera ekstremale duke çuar në një prej përmbytjeve më të mëdha në zonën në studim. Gjatë këtij eventi niveli në liqenin e Shkodrës arriti kuotën 10.10 m (Hoxhaj *et al.*, 2015). Sipërfaqja e zonës së përmbytur arriti në 14,100 ha, dhe rreth 4600 shtëpi u përmbytën dhe 12,145 njerëz u evakuan (Ndini, 2012), (Hoxhaj *et al.*, 2015). Në tabelën 1.4 paraqiten prurjet maksimale të llogaritura të plotës së Dhjetorit të vitit 2010 bazuar në të dhënat e studimit (Hoxhaj *et al.*, 2015).

**Tabela 1.4** Prurjet maksimale të plotës së Dhjetorit 2010

Nr	Lumi	Stacioni	Prurja (m <sup>3</sup> /s)	Periudha kohore
1	Drini	Bahçellëk	3745	02/12/2010
2	Buna	Shkodër	1983	06/12/2010
3	Buna	Fabrika Çimentos	5345	02/12/2010

## 1.4 Gjeologjia dhe hidrogjeologjia e zonës në studim

### 1.4.1 Gjeologjia e zonës në studim

Zona e Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Lumi Buna është shumë interesante nga pikëpamja tektonike dhe gjeologjike. Në këtë zonë takohen katër zona tektonike duke filluar nga veriu në jug (Aliaj *et al.*, 1995): Zona e Alpeve, Zona e Krujës, Zona e Krastë-Cukalit dhe Zona e Mirditës. Kjo gjë bën që kjo zonë të jetë në një proces

të vazhdueshëm destabilizimi tektonik, ku ndodhin lëkundje të herë pas herëshme tërmetesh.

Përsa i përket përbërjes gjeologjike kjo zonë përbëhet nga depozitime të Erës së Mesozoit (Periudhat – Triasik, Jurasik dhe Kretak) dhe të Erës së Cenozoit (nga Periudha e Paleocenit deri në Kuarternar). Kjo zonë është pjesë e Depresionit PranëAdriatik i cili nga pikëpamja gjeografike paraqet një depresion paramalor të vendosur mbi formacionet kryesore të bazamentit (Xhomo *et al.*, 2002). Përsa i përket përbërjes litologjike kjo zonë përbëhet nga: a) Depozitime Karbonatike, b) Depozitime Flishore, c) Depozitime Ofiolitike, d) Depozitime Pliocene dhe e) Depozitime të Kuarternarit (Vako & Pambuku, 2016).

- a) **Depozitimet Karbonatike** janë të shpërndara nga veriu në jug i zonës në studim. Ato i përkasin Periudhave të Triasik ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_{2l}$ ,  $T_3$ ), Jurasik ( $J_1$ ,  $J_{2-3}$ ,  $J_{3k}$ ,  $J_{3t}$ ), Kretak ( $Cr_{1be-v}$ ,  $Cr_{1b-ap}$ ,  $Cr_2$ ,  $Cr_{2sen}$ ) dhe Eocen ( $Pg_2$ ). Në figurën 1.20 paraqitet harta gjeologjike e zonës në studim në shkallë 1:200 000 së bashku me legjendën e saj figura 1.21 bazuar në (Xhomo *et al.*, 2002). Këto depozitime përfaqësohen kryesisht nga shkëmbinj gëlqerorë, gëlqerorë dolomitik, gëlqerorë oolitic dhe gëlqerorë mergelorë bazuar në (Harta Gjeologjike e Shqipërisë, 2002).
- b) **Depozitimet Flishore** janë të shpërndara në verilindje, perëndim dhe në jug të zonës në studim. Ato i përkasin Periudhave të Jurasik i Sipërm – Kretak i Poshtëm ( $J_{3t}$ - $Cr_{1v}$ ), Kretak i Sipërm– Eocen ( $Cr_{2m}$ - $Pg_2$ ), Paleocen– Eocen ( $Pg_{1-2}$ ) dhe Oligocen i Poshtëm ( $Pg_3^1$ ). Këto depozitime përfaqësohen kryesisht nga ndërthurje mergeloro-ranoro-konglomeratike, rrepshe me olistolite dhe flish argjilo-alevrolito-ranorë bazuar në (Harta Gjeologjike e Shqipërisë, 2002).
- c) **Depozitimet Ofiolitike** Depozitimet Ofiolitike shtrihen në lindje të zonës në studim në zona të kufizuara. Ato i përkasin periudhave të Jurasikut të Sipërm ( $J_3$ ) dhe Jurasikut të Mesëm ( $\sigma J_2$ ). Këto depozitime përsa i përket përbërjes litologjike përfaqësohen nga:  $J_3$  – Melanzh, blloqe në matriks dhe  $\sigma J_2$  – Silicor-radiolitik (Harta Gjeologjike e Shqipërisë, 2002).
- d) **Depozitimet Pliocene** i përkasin Epokës së Pleistocen ( $N_2$ ) dhe Pliocen–Pleistocen i Poshtëm ( $N_2$ - $Q_p$ ). Ato përfaqësohen nga: argjila, ranorë, gravelite, konglomerate, qymyre dhe konglomerate (Harta Gjeologjike e Shqipërisë, 2002).
- e) **Depozitimet e Kuarternarit** kanë një shtrirje të gjerë në zonën në studim duke filluar nga Kopliku (në veri) deri në Velipojë (në jug) dhe zënë pjesën më të madhe të zonës fushore. Ato i përkasin Epokës së Pleistocenit ( $Q_p$ ) dhe Holocenit ( $Q_h$ ). Bazuar në (Harta Gjeologjike e Shqipërisë, 2002) dhe (Xhomo *et al.*, 2002) depozitimet e kuarternarit përbëhen nga:
  - *Depozitimet proluviale-aluviale* ( $Q_p$ ). Këto depozitime përbëhen nga rëra, zhavore ku trashësia e tyre arrin deri në 10– 15 m.
  - *Depozitimet aluviale* ( $Q_p$ ). Këto depozitime përbëhen nga alevrite, rëra dhe zhavore.
  - *Depozitimet Pleistocen– Holocen* ( $Q_p-h$ ). Ato përfaqësohen nga depozitime të përziera aluviale-proluviale: rëra, zhavore dhe alevrite.

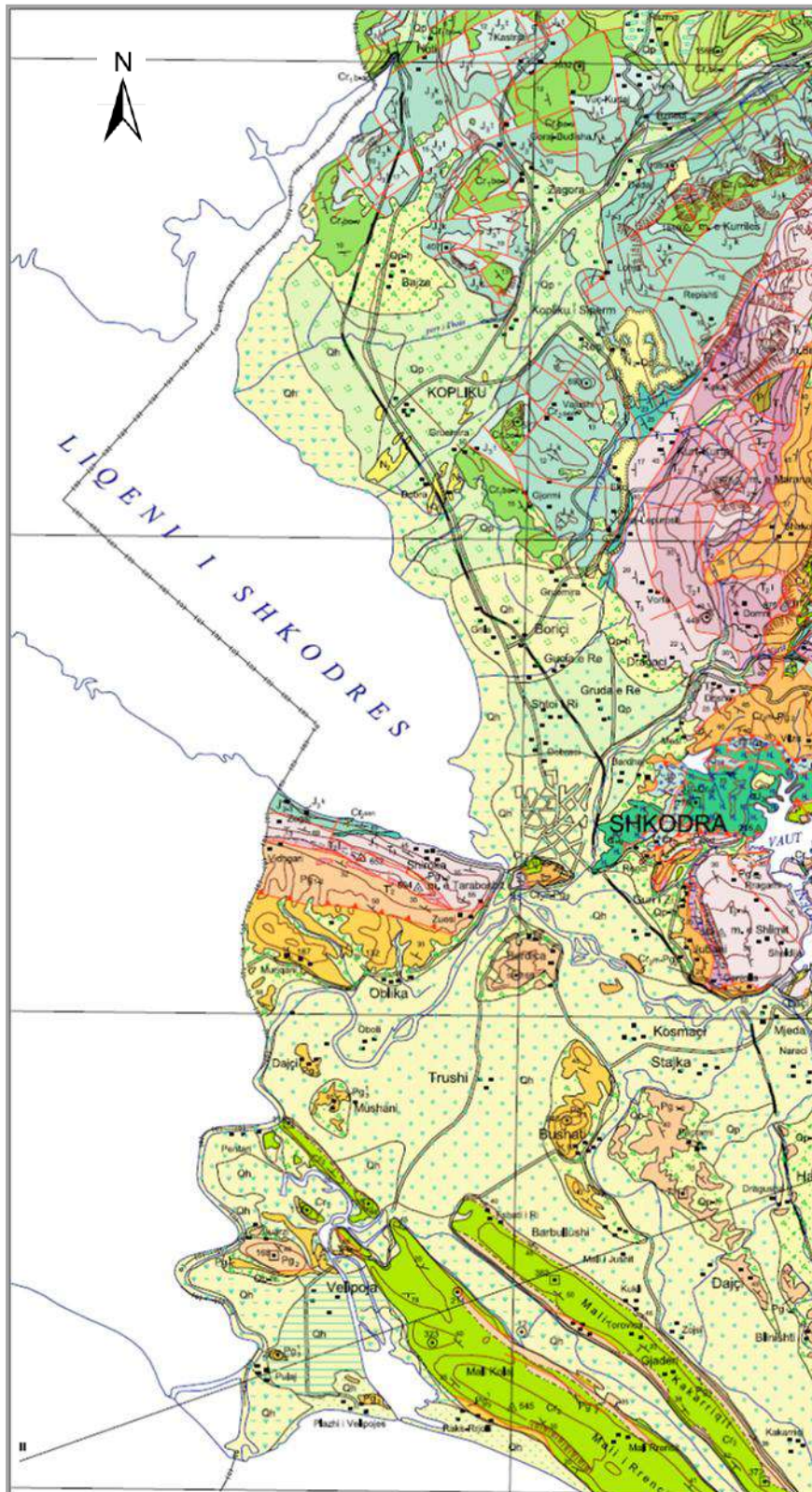


Figura 1.20: Harta Gjeologjike e zonës së studimit (shkalla 1:200 000)

	Depozitime detare: kryesisht rëra		Gëlqerorë me hipurite, gëlqerorë me globotrunkana, qëlqerorë konglomeratike
	Depozitime lagunore: argjila, alevrite, rëra, mbetje organike		Gëlqerorë, qëlqerorë mergelore me <i>S. dinarica</i> dhe harofite
	Depozitime kënetore-liqenore: argjila, alevrite, rëra, torfa		Gëlqerorë, gëlqerorë me <i>S. annulata</i> , dolomite
	Depozitime aluviale kënetore: rëra, zhavore		Konglobrekçe ofiolitike, ndërthurje mergeloro-ranoro-konglomeratike
	Depozitime proluviale-aluviale: rëra, zhavore, alevrite		Gëlqerorë me <i>Clypeina Jurassica</i> , Dolomite
	Depozitime aluviale: alevrite, rëra, zhavore		Melanzh, "blloqe në matiks"
	Depozitime të përziera aluviale-proluviale: rëra, zhavore, alevrite		Gëlqerorë me hidrozoa, korale e alga, gëlqerorë me shtresa silicorësh
	Depozitime proluviale-aluviale: rëra, zhavore		Gëlqerorë oolitike dhe dolomite
	Depozitime aluviale: alevrite, rëra, zhavore		Harcburgit-Lercolit mantelik me ndërthurje të rralla dunitesh në pjesën e sipërme
	Konglomerate: ranorë dhe argjila		Gëlqerorë të dolomitizuar, qëlqerorë me lithiotis
	Flish argjilo-alevrolito-ranorë me horizonte vidhësese dhe olistolite		Gëlqerorë me megalodonte, gëlqerorë stromatolitikë, gëlqerorë me <i>O.Praecursor</i> ,
	Gëlqerorë biomikritikë dhe turbiditikë		Gëlqerorë me megalodonte, gëlqerorë stromatolitikë, dhe dolomite
	Flish alevrolitor		Gëlqerorë algore, gëlqerorë me gastropodë, dolomite
	Rrepshe me olistolite		Rrepshe, gëlqerorë, vullkanite dhe radiolante
	Gëlqerorë me rudiste dhe gëlqerorë të dolomitizuar		Gëlqerorë, rrepshe argjilore, ranorë, gëlqerorë ranonkë, konglomerate

Figura 1.21: Legjenda e Hartës Gjeologjike të zonës së studimit (shkalla 1:200 000)

- *Depozitimet Detare (Qh)*. Këto depozitime shtrihen përgjatë zonës bregdetare në plazhin e Velipojës. Trashësia e tyre shkon nga disa metra deri në 100 m në drejtim të detit. Këto depozitime përbëhen nga rëra të madhësive të ndryshme.
- *Depozitimet lagunore (Qh)*. Këto depozitime shtrihen ndërmjet depozitimeve kontinentale dhe detare. Ato takohen në jugperëndim të zonës së studimit, në zonën e Velipojës. Ato përfaqësohen nga argjila, alevrite dhe rëra. Trashësia e shtresës së tyre arrin nga 10 deri 40 m.
- *Depozitimet kënetore-liqenore (Qh)*. Këto depozitime përfaqësohen nga argjila, alevrite, rëra dhe torfa. Ato karakterizohen nga prezenca e materialit organik.
- *Depozitimet aluviale-kënetore (Qh)*. Këto depozitime janë të pakëta. Ato përfaqësohen nga rëra dhe zhavore. Përsa i përket përbërjes litologjike ato përbëhen nga alevrite, rëra të imta, baltra argjilore me material më të trashë si zhavor.



- *Depozitimet proluviale-aluviale (Qh)*. Këto depozitime në pikëpamjen litologjike ato përfaqësohen nga rëra, zhavore dhe alevrite. Trashësia e shtresës së tyre arrin në 30–40 m.
- *Depozitimet aluviale (Qh)*. Këto depozitime janë të shpërndara në zonën fushore në shtratin dhe luginat e lumenjve Kir, Buna, Drin dhe Gjadri. Në luginat e lumenjve dallohen qartë depozitimet e vjetra të tarracave dhe depozitimet e reja të shtratit të lumenjve. Trashësia e shtresës së tyre varion nga disa metra deri 20–30 m. Nga pikëpamja litologjike ato përfaqësohen nga alevrite, rëra dhe zhavore.

#### **1.4.2 Hidrogeologjia e zonës në studim**

Hidrogeologjia e zones në studim përfaqësohet nga kompleksi ujëmbajtës i zonës së Shkodrës. Në të bëjnë pjesë fusha e Mbishkodrës në veri, fusha e Nënshkodrës në jug, dhe fusha e Velipojës në perëndim dhe një pjesë e fushës së Zadrimës në juglindje. Bazuar në ndërtimin litologjik dhe vetitë hidrogeologjike dallohen dy komplekse ujëmbajtëse në zonën në studim: kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve kompaktë dhe kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve të shkrifët porozë. Kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve kompaktë përbëhet nga kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve karbonatik dhe shkëmbinjve flishorë (Vako & Pambuku, 2016).

Kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve flishorë shtrihet kryesisht në afërsi të fshatrave Vilza, Shakota, Juban, Renci, Murriqan, Oblikë, Bërdicë, Paçram, Mushan dhe Dajç. Ky kompleks ujëmbajtës është i varfër në ujëra nëntokësorë dhe karakterizohet nga koeficienti i ulët filtrimi. Kompleksi ujëmbajtës i shkëmbinjve karbonatik përbëhet nga ujërat nëntokësorë të shkëmbinjve karstik të Zonës Tektonike të Alpeve dhe Krasta–Cukali, antiklinali i Rencit dhe Kakarriqit të zonës Tektonike të Krujës. Akuiferi karbonatik me karst të zhvilluar ushqehet nga reshjet. Këto komplekse ujëmbajtëse përmbajnë sasira të konsiderueshme të ujërave nëntokësorë të cilët dalin në sipërfaqe në formën e burimeve. Burimet kryesore janë Syri i Sheganit, Rrjollit dhe Vrakës (Vako & Pambuku, 2016).

Kompleksi ujëmbajtës i depozitave të Kuarternarit është shumë i pasur në ujëra nëntokësorë. Në to bëjnë pjesë ujërat e zhavoreve të Kuarternarit të fushës së Koplikut, Shkodrës, Kosmaçit, Dajçit, Barbullushit, Kakarriqit dhe ujërat e fushës së Zadrimës dhe Velipojës. Ujërat nëntokësorë të depozitimeve të Kuarternarit përbëjnë pellgun ujëmbajtës më të madh të zonës së Shkodrës. Depozitimet e kësaj periudhe formojnë horizontin më të pasur ujëmbajtës të zonës së Mbishkodrës, Nënshkodrës dhe Zadrimës. Ky kompleks ujëmbajtës aluvional ushqehet nga reshjet, dhe nga lumenjtë Buna e Drin dhe dallohet për vlera të larta të koeficientit të filtrimit (Vako & Pambuku, 2016).

## KAPITULLI 2. MODELIMI MATEMATIK I RRJEDHJES NË SHTRITËR TË HAPUR

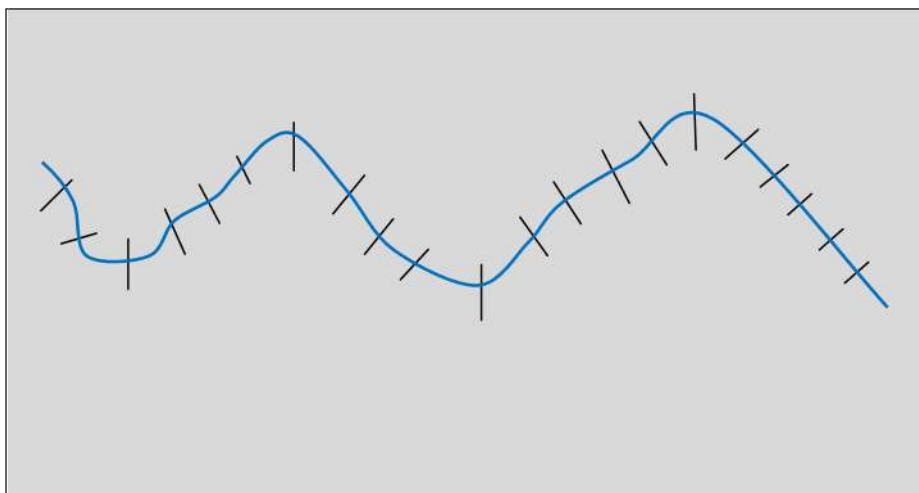
Modelet matematik përshkruajnë lëvizjen e lëngut duke zgjidhur me anë të metodave numerike ekuacionet diferenciale të formuluar në bazë të ligjeve të lëvizjes së Njutonit. Modelet matematik klasifikohen në varësi të dimensioneve të hapësirës që përfshihen në to. Këto modele klasifikohen në modele: 1Dimensional, 2Dimensional dhe 3Dimensional. Modelet matematik më të përhapur në praktikën inxhinierike janë modelet 1Dimensional (1D) dhe 2Dimensional (2D). Modelet komplekse 3Dimensional (3D) që bazohen në ekuacionet e Navier-Stokes shikohen si të panevojshëm sipas (Alcrudo, 2004) për përshkrimin e rrjedhjes në shtretër të hapur, me përjashtim të rasteve të veçanta.

### 2.1 Modelet matematik 1Dimensional

Mënyra tradicionale e modelimit matematik të rrjedhjes në lumenj është modelimi 1D, pasi në pjesën më të madhe të kohës është dominuese rrjedhja brenda shtratit të lumenjve. Në këtë rast rrjedhja e ujit mund të konsiderohet kryesisht si rrjedhje 1D ku shpejtësia e ujit ndryshon në drejtim të rrjedhjes dhe në drejtimin pingul me rrjedhjen është e neglizhueshme.

Modelet 1D bazohen në ekuacionet 1D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve modelet matematik 1D përdorin skemën e diferencave të fundme. Në modelimin matematik 1D parametrat hidraulik (shpejtësia, prurja dhe thellësia e ujit) llogariten në nyjet e rrjetës së diferencave të fundme.

Këto modele përafrojnë topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë të matur në drejtimin pingul me rrjedhjen. Modelet matematik 1D llogaritin nivelet, prurjet dhe shpejtësitë e ujit në seksionet tërthorë përgjatë drejtimit të rrjedhjes. Në figurën 2.1 jepet paraqitja skematike e modeleve matematik 1D.



**Figura 2.1:** Paraqitja skematike e modeleve matematik 1Dimensional

Modelet 1D në rast se lumi del nga shtrati dhe përmblyt fushën përreth nuk janë në gjendje të llogaritin nivelet e ujit. Në sajë të avancimit të softeve të përpunimit të të dhënave të terrenit si GIS është e mundur që modelet 1D të japin një shtrirje të përafërt të ujit në fushë. Kjo arrihet duke ndërprerë nivelet e ujit që rezultojnë nga modeli matematik 1D me modelin dixhital të terrenit të fushës përreth. Rezultatet e këtij modelimi të thjeshtë nuk janë të saktë. Ato mund të përdoren si një vlerësim paraprak në rast të mungesës së modeleve hidrodinamik 2D.

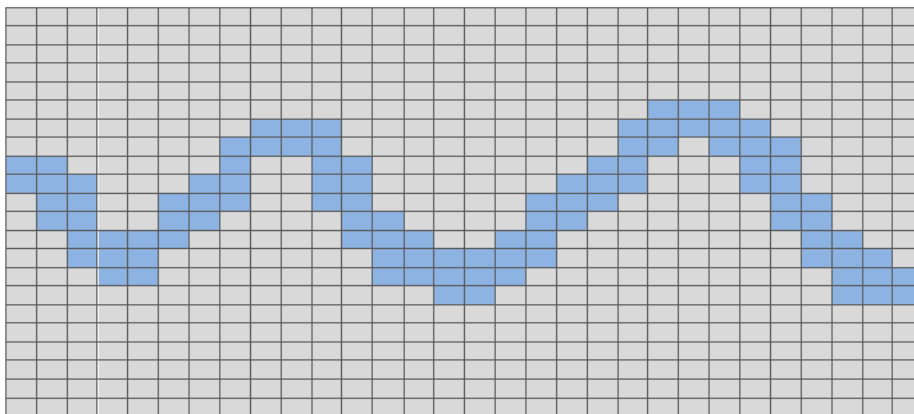
## **2.2 Modelet matematik 2Dimensional**

Në mënyrë periodike ndodh rrjedhja e ujit jashtë shtratit të lumit në fushën përreth për shkak të prurjeve të mëdha. Në këtë rast rrjedhja e ujit ndodh në dy ose më shumë drejtime. Modelet matematik 2D marrin parasysh komponentet e shpejtësisë në drejtimet x dhe y në planin horizontal, ndërsa shpejtësitë në drejtimin vertikal supozohen të neglizhueshme.

Modelet matematik 2D bazohen në ekuacionet 2D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve modelet matematik 2D përdorin skemën e diferencave të fundme ose volumeve të fundme. Në modelimin matematik 2D parametrat hidraulik (shpejtësia dhe thellësia e ujit) në fushë llogariten në qelizat e rrjetës së diferencave të fundme ose të volumeve të fundme.

Avancimi i teknikave të matjeve topografike të terrenit në distancë (remote sensing) ka çuar në përdorimin më të gjerë të modeleve matematik 2D. Modelet matematik 2D në krahasim me modelet matematik 1D janë më të përshtatshëm për të simuluar rrjedhjen në fushë. Modelet matematik 2D mbështeten në modele dixhitale të terrenit për të përfaqësuar sistemin fizik.

Për të patur një paraqitje të besueshme të topografisë brenda shtratit të lumit, nevojiten një numër i madh qelizash të rrjetit 2D. Kjo gjë çon në një shtim të kohës së simulimit për modelet 2D. Një disavantazh i modeleve matematik 2D në krahasim me modelet matematik 1D është se ata nuk mund të paraqisin shumë mirë rrjedhjen përmes strukturave hidraulike, me përjashtim të rasteve kur përdoret një rrjetë 2D shumë e detajuar. Në figurën 2.2 jepet skema e modeleve 2D, ku dallohet se shtrati i lumit dhe fusha përreth modelohen me anë të qelizave 2Dimensionale.



**Figura 2. 2:** Paraqitja skematike e modeleve matematik 2Dimensional

### **2.3 Modelet matematik të kombinuar 1D/2Dimensional**

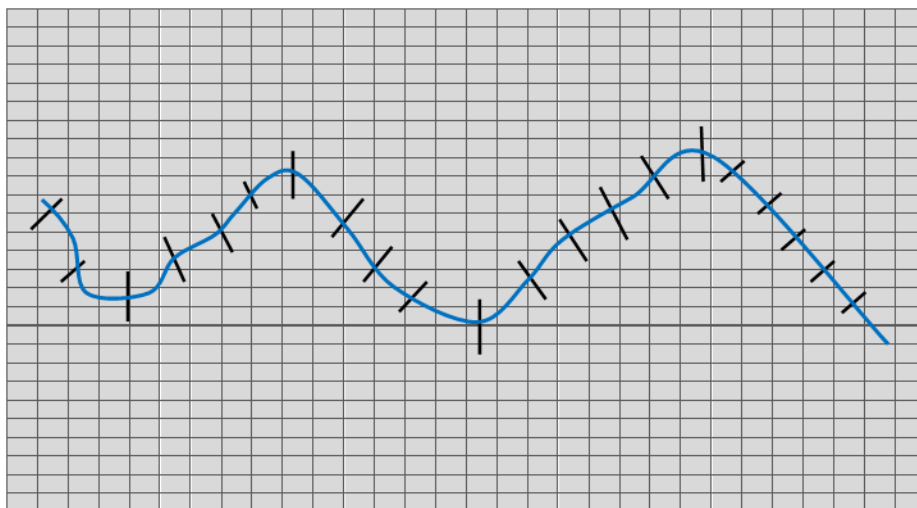
Avancimi i teknikave të modelimit ka çuar në përdorimin e modeleve matematik të kombinuara 1D/2D. Në këta modele rrjedhja brenda shtratit të lumit modelohet me anë të seksioneve tërthore duke aplikuar ekuacionet 1D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve përdoren skemat e diferencave të fundme, ku shpejtësia dhe thellësia e ujit llogariten në nyjet e rrjetës së diferencave të fundme.

Kur niveli i ujit kalon mbi shtratin e lumit dhe përmyt fushën përreth, atëherë rrjedhja modelohet me anë të rrjetës 2Dimensionale të paraqitur në figurën 2.3. Në këtë zonë aplikohen ekuacionet 2D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve përdoren skemat e diferencave të fundme ose volumeve të fundëm, ku shpejtësia dhe thellësia e ujit llogariten në qelizat e rrjetës 2Dimensionale të diferencave të fundme ose volumeve të fundëm.

Modelimi i rrjedhjes së ujit brenda shtratit të lumit me anë të modelit 1D bën që rrjedhja përmes strukturave hidraulike të modelohet saktë në modelet e kombinuara 1D/2D.

Ndarja e domeineve 1D dhe 2D nga njëri-tjetri lejon që të përdoret një rrjetë më pak e detajuar për domenin 2D. Kështu për të përfaqësuar topografinë e fushës që përmytet nevojiten një numër më i vogël qelizash 2Dimensionale. Kjo çon në një reduktim të kohës së simulimit për modelet 1D/2D në krahasim më modelet plotësisht 2Dimensional.

Modelet e kombinuar 1D/2D po bëhen gjithnjë e më të përdorur falë dhe teknikave të matjeve të batimetrisë së lumit me anë të teknikës “echo-depth sounding”. Këto teknika bëjnë që kombinimi i modeleve 1D me 2D të jetë më efektiv në drejtim të kostos. Gjithashtu bëjnë të mundur që modeli 1D/2D ti afrohet më mirë paraqitjes së realitetit.



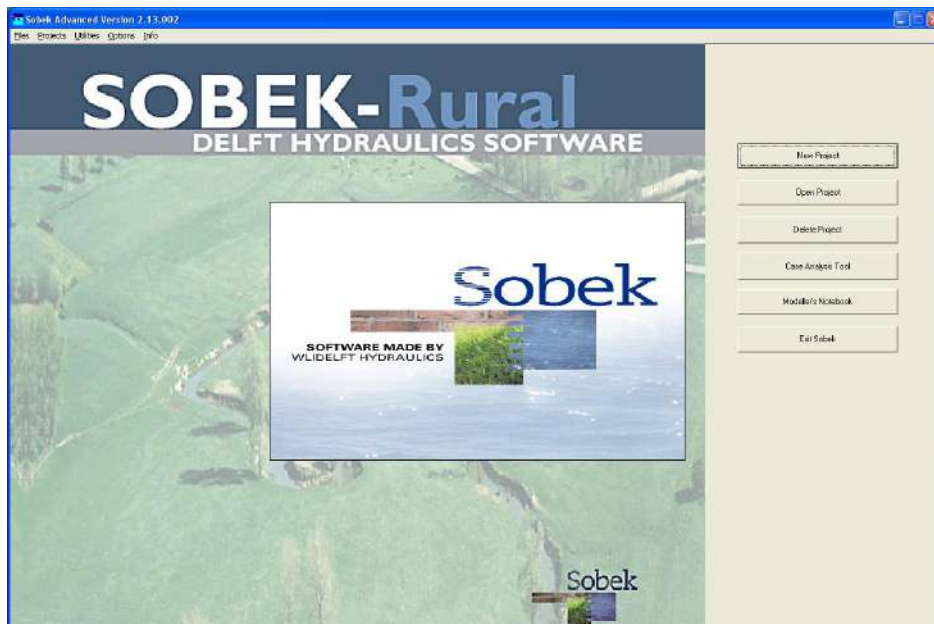
**Figura 2.3:** Paraqitja skematike e modeleve matematik 1D/2Dimensional

## **KAPITULLI 3. MODELIMI MATEMATIK I RRJEDHJES SË LUMENJVE DUKE PËRDORUR SOFTIN SOBEK**

### **3.1 Përshkrim i programit SOBEK**

Programi SOBEK është një paketë softesh të integruar për menaxhimin e sistemeve ujore, ku përfshihen sistemet lumore dhe urbane. Ky soft është zhvilluar nga Instituti Deltares në Delft, Hollandë në bashëpunim me Institutin e Menaxhimit të Burimeve Ujore dhe të Trajtimit të Ujërave të Ndotura (RIZA) dhe disa kompanive konsulente Hollandeze. Programi SOBEK është siguruar në kuadër të projektit: IPA–Programi Ndërkufitar Shqipëri – Mal i Zi.

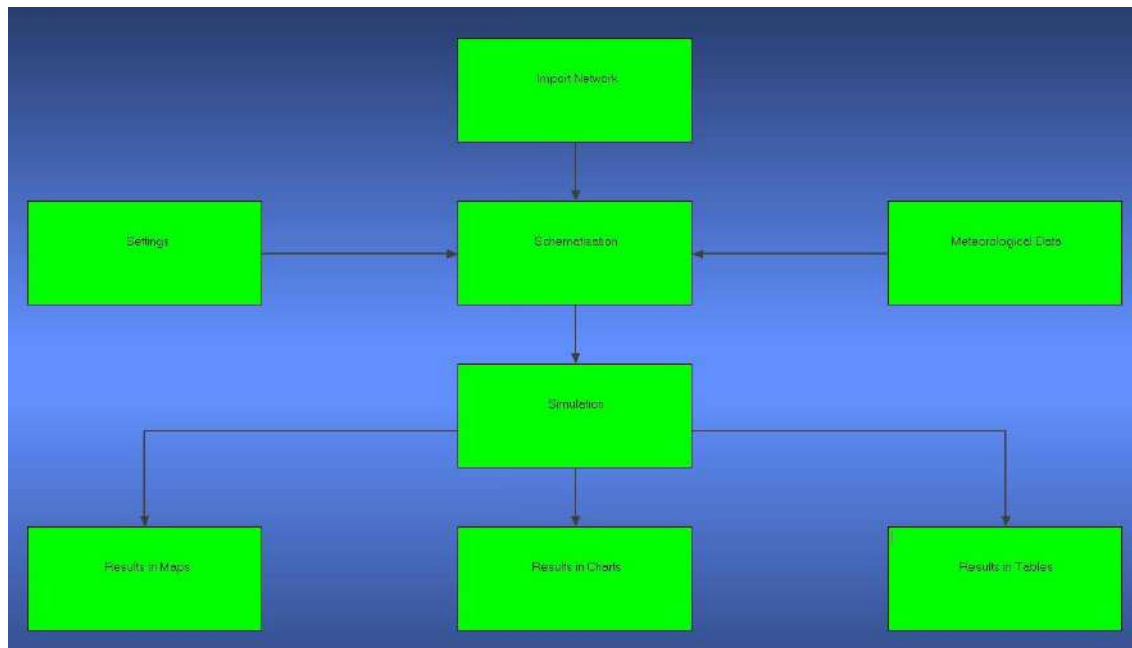
Ky soft është projektuar për të kryer llogaritjet hidraulike 1D për rrjete të komplikua të sistemeve ujore natyrore ose të ndërtuara. Ky soft kryen gjithashtu llogaritjet hidraulike 2D në rrjetet horizontale 2D. Figura 3.1 paraqet pamjen e interface të softit SOBEK.



**Figura 3.1:** Pamja e interface e softit SOBEK

Softi SOBEK ka një databeiz ASCII transparent, i cili mund të shkarkojë informacion nga një sërë formatesh të dhënash dhe sistemeve GIS (Deltares, 2013). Ky soft ka një paraqitje të orientuar drejt programit GIS, duke bërë që rezultatet e tij të jenë të gjeoreferuara.

Në figurën 3.2 jepen të gjithë elementët e nevojshëm për ndërtimin e një modeli matematik në softin SOBEK. Rezultatet në softin SOBEK paraqiten në formë tabelash, grafikësh dhe hartash.



**Figura 3.2:** Pamja e elementëve për ndërtimin e një modeli në softin SOBEK

Mbivendosja e rrjetit lumor mbi një hartë në plan (GIS ose foto ajrore) të zonës në softin SOBEK bën të mundur që të dallohen të gjitha elementet e skematizimit të sistemit ujqor. Rrjeti 1D mund të shihet në pamjen anësore (ballore), e cila bën të mundur vizualizimin e ndryshimeve të niveleve të ujit përgjatë rrjetit ujqor në kohë reale (Deltares, 2013). Opsionet e animacionit tregojnë drejtimin e rrjedhjes në kohë përmes rrjetit 1D ose fushës që përmytet në rastin e modulit 2D. Të gjithë këto rezultate mund të ruhen në formën e fajlave video.

Programi SOBEK përbëhet nga gjashtë module të lidhura me njëri-tjetrin për të modeluar procese të ndryshme të lidhura me sistemet ujqore. Modulet janë si më poshtë:

- SOBEK 1D FLOW (Rural)
- SOBEK 1D FLOW (Urban)
- SOBEK 2D FLOW (Overland Flow)
- SOBEK RR (Rainfall Runoff Open Water)
- SOBEK RTC (Real Time Control)
- SOBEK 1D WAQ (Water Quality)

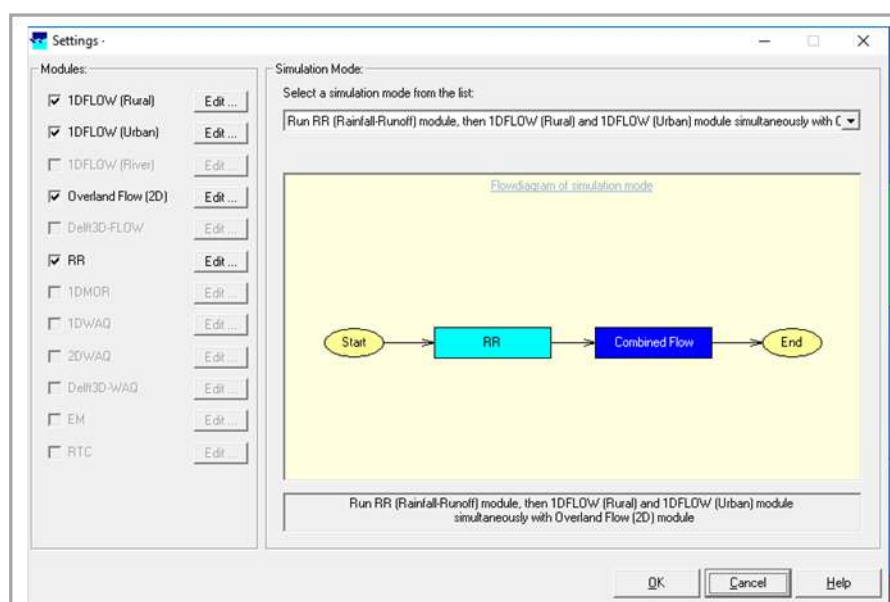
Bloku "Settings" i paraqitur në figurën 3.3 përdoret për të zgjedhur modulet e softit SOBEK që duhet të përfshihen në ndërtimin e modelit. Në bllokun "Settings" vendosen parametrat e simulimit siç janë: parametrat numerikë si hapi kohor ( $\Delta t$ ) që përdoret nga skema numerike, periudha e simulimit, kushtet fillestare, opsionet e paraqitjes së rezultateve, etj.

### 3.1.1 Moduli SOBEK 1D FLOW (Rural)

Moduli 1D Flow në softin SOBEK aplikon ekuacionet e plota të Saint-Venant në 1D. Në këtë modul përfshihet lëvizja e qëndrueshme dhe e paqëndrueshme. Në modulën 1D Flow aplikohet çdo lloj seksioni tërthor (i hapur ose i mbyllur), duke përfshirë profilet asimetrike, dhe profilet e çfarëdoshëm y- z. Është e mundur të përcaktohen nënseksione

të ndryshme brenda një seksioni tërthor me koeficientë të ndryshëm ashpërsie. Moduli 1D Flow llogarit lëvizjen e ujit në zonat me pjerrësi të vogël (rrjedhje nënkrite), në ato me pjerrësi të madhe (rrjedhje superkritike), si dhe kërcimet hidraulike. Rrjetet ujore komplekse të çdo madhësie në formë degësh dhe unazorë trajtohen nga moduli 1D Flow. Ky modul bën të mundur llogaritjen e rrjedhjes përmes stukturave hidraulike duke përfshirë forma dhe madhësi të ndryshme (Deltares, 2013).

Efektet e erës në nivelet e ujit mund të modelohen duke specifikuar forcën dhe drejtimin e erës si konstante ose seri kohore. Të gjitha kushtet e mundshme kufitare dhe kushtet fillestare mund të aplikohen. Rrjedhjet anësore hyrëse dhe dalëse mund të specifikohen si konstante, seri kohore, ose të merren automatikisht nga moduli SOBEK RainfallRunoff. Rrjedhjet anësore të llogaritura nga modulet e tjera të softit SOBEK mund të kombinohen me modulën SOBEK1D Flow për të siguruar një model të integruar të sistemit ujqor.



**Figura 3.3:** Modulet e ndryshme që përfshihen në softin SOBEK

### **3.1.2 Moduli SOBEK 2DF LOW (Overland flow)**

Moduli 2D Flow është i integruar plotësisht me modulet SOBEK 1D FLOW (Rural) dhe SOBEK 1D FLOW (Urban) për simulimin e saktë të përmytjeve nga lumenjtë, nga çarja e argjinaturave, çarja e digave dhe përmytjeve urbane, etj. Moduli hidrodinamik 2D Flow simulon rrjedhjet nënkritike dhe superkritike, si dhe proceset e lagësjes dhe tharjes së qelizave të rrjetit 2Dimensional. Moduli 2D Flow bazohet në ekuacionet e plota të Saint-Venant në 2D. Për zgjidhjen e ekuacioneve të Saint-Venant aplikohen skemat e diferencave të fundme, të cilat bazohen në rrjeta drejtkëndore 2Dimensionale me rezolucion hapësinor të ndryshëm. Moduli SOBEK 2D Flow (Overland Flow) përfshin gjithashtu dhe reshjet që bien në rrjetën drejtkëndore 2D.

**Më poshtë jepen disa nga karakteristikat kryesore të softit SOBEK, të cilat do të detajohen në paragrafët e tjerë.**

- Bazohet në ekuacionet e plota të Saint-Venant në 1D dhe 2D.
- Përdor një skemë numerike e cila bën të mundur simulimin në mënyrë korrekte të rrjedhjes nënkritike dhe superkritike, si dhe simulon çarjen se digave dhe argjinaturave.
- Është veçanarisht i përshtatshëm për të simuluar sjelljen dinamike të rrjedhjes në fushë mbi tokë fillimisht të thatë, si dhe proceset e përmytjes dhe tharjese për çdo lloj gjeometrie duke përfshirë tokat e ulëta dhe zonat malore.
- Ka një vlerësues automatik të hapit kohor ( $\Delta t$ ), i cili redukton ose zmadhon hapin kohor të llogaritjeve të zgjedhur nga përdoruesi sipas karakteristikave të rrjedhjes në çdo moment të simulimit.
- Paraqitja e orientuar drejt softit GIS e bën atë të lehtë në përdorim, sidomos për rrjete ujore të mëdha.
- Rezultatet e simulimeve si hartat e thellësive dhe shpejtësive të ujit mund të paraqiten në formatin GIS.

## **3.2 Modelimi i rrjedhjes 1Dimensionale në shtretër të hapur**

### **3.2.1 Ekuacionet e lëvizjes 1Dimensionale**

Nëse çdo madhësi (ose variabël)  $U$  që përshkruan një gjëndje të rrjedhjes (thellësia, shpejtësia, niveli, prurja) ndryshon në kohë atëherë rrjedhja konsiderohet e paqëndrueshme.

Rrjedhja e ujit në shtretër të hapur llogaritet duke zgjidhur sistemin e ekuacioneve diferenciale të pjesshme të propozuar nga Saint-Venant në vitin 1871. Për rrjedhjen 1Dimensionale lëvizja e ujit përshkruhet nga variablat prurje  $Q$ , dhe nivel uji  $h$  si funksione të variablave të pavarura  $t$  (koha) dhe  $x$  (distanca).

Supozimet bazë të ekuacioneve të Saint-Venant sipas (Cunge, *et al.*, 1980) janë:

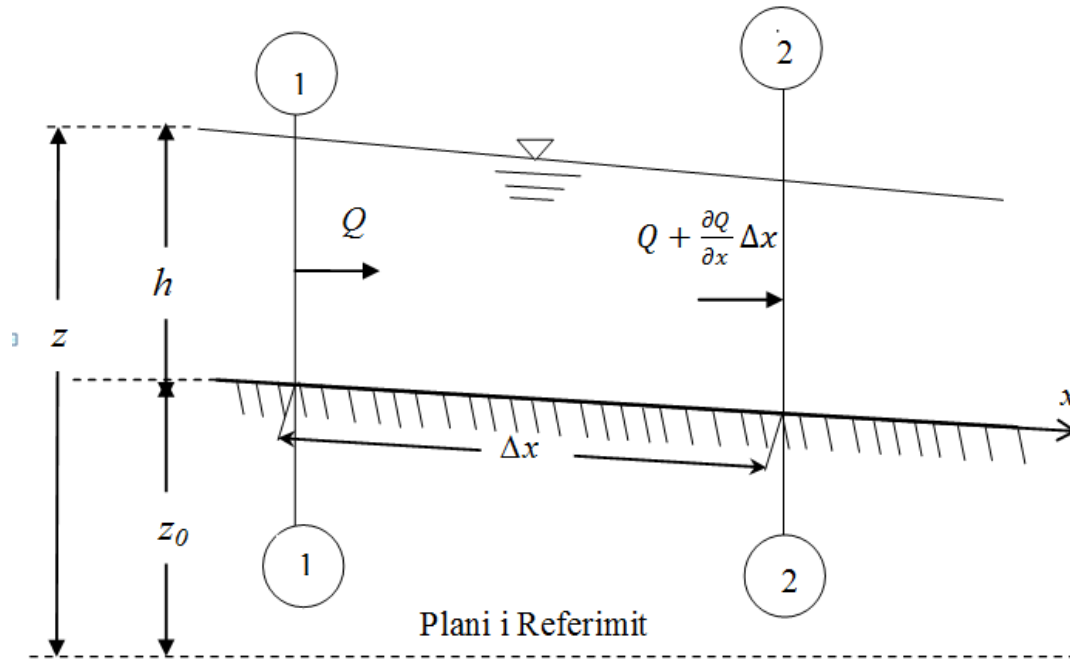
- Rrjedhja e ujit supozohet të jetë 1Dimensionale kur niveli i ujit përgjatë seksionit tërthorë është horizontal (megjithëse rrjedhje vërtet 1Dimensionale nuk egziston në natyrë).
- Kurbatura e vijave të rrymës është e vogël dhe nxitimet vertikale janë të neglizhueshme, që çon në faktin që presioni është hidrostatik.
- Pjerrësia mesatare e shtratit është e vogël, kështu konsiderohet që *cosinusi* i këndit të pjerrësisë së shtratit është afërsisht i barabartë me njësinë.
- Densiteti i ujit është konsant.

Sistemi i koordinatave nuk është i tëri orthogonal, por boshti  $x$  shtrihet përgjatë shtratit të lumit, ndërsa boshti  $z$  është vertikal.



Për rrjedhjen e paqëndrueshme 1Dimensionale në shtretër të hapur ekuacionet e Saint-Venant përbëhen nga: *Ekuacioni i masës* dhe *Ekuacioni i momentit*. Këto ekuacione bazohen në principin e ruajtjes së masës, dhe në principin e ruajtjes së momentit.

Për shkrimin e ekuacionit të ruajtjes së masës dhe të momentit merret në konsideratë një *vëllim kontrolli* i kufizuar midis seksioneve tërthore 1– 1 dhe 2– 2. Në figurën 3.4 tregohet *vëllimi i kontrollit* ku largësia  $x$  matet përgjatë shtratit të lumit (përgjatë rrjedhjes).



**Figura 3.4:** Skema e ekuacionit të ruajtjes së masës në rrjedhjen 1Dimensionale

### 3.2.2 Ekuacioni i ruajtjes së masës

Ruajtja e masës për një vëllim kontrolli shprehet: *vlera neto e rrjedhjes në vëllimin e kontrollit është e barabartë me vlerën e ndryshimit të akumulimit brenda vëllimit të kontrollit*.

Termet në diagramën e dhënë në figurën 3.4 shpjegohen si më poshtë:

$Q =$  *prurja hyrëse në vëllimin e kontrollit*

$\frac{\partial Q}{\partial x}$  = *sasia e ndryshimit të prurjes në lidhje me distancën*

$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x$  = *prurja dalëse nga vëllimi i kontrollit*

$\frac{\partial(\rho A \Delta x)}{\partial t}$  = *ndryshimi i masës në vëllimin e kontrollit*

ku :  $\rho$  – densiteti i ujit

$A$  – sipërfaqja e seksionit tërthor pingul me drejtimin e rrjedhjes së ujit

Diferenca e masës së ujit në vëllimin e kontrollit për shkak të hyrjeve dhe daljeve është e barabartë me ndryshimin e masës ose shkallën neto të ndryshimit të masës.

$$\rho Q - \rho \left( Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \right) = \frac{\partial(\rho A \Delta x)}{\partial t} \dots\dots\dots(3.1)$$

*(hyrjet) - (daljet) = (ndryshimi i masës)*

Mbasi pjestojmë me  $\rho \Delta x$  të dy krahet e barazimit (3.1) arrihet në formën përfundimtare të ekuacionit të ruajtjes së masës në *formën konservative*:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(3.2)$$

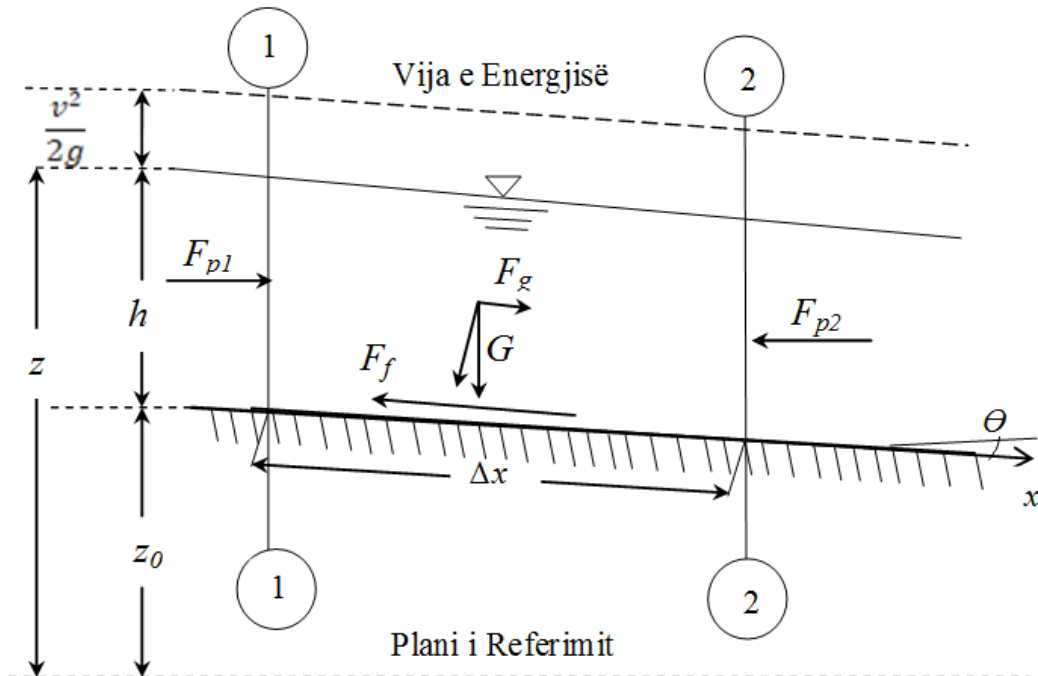
Ekuacioni i ruajtjes së masës në formën jo-konservative për njësi gjerësie të shtratit lumor shprehet me ekuacionin e mëposhtëm (3.3):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(3.3)$$

ku shpejtësia  $u$  dhe thellësia e ujit  $h$  janë variablat e varura.

### 3.2.3 Ekuacioni i ruajtjes së momentit

Ruajtja e momentit shprehet: *Ndryshimi i momenteve që hyjnë dhe dalin nga vëllimi i kontrollit + shumën e forcave vepruese mbi vëllimin e kontrollit = Me momentin e akumuluar në vëllimin e kontrollit.*



**Figura 3.5:** Skema e ekuacionit të ruajtjes së momentit në rrjedhjen 1Dimensionale

Në figurën 3.5 paraqitet skema e ekuacionit të ruajtjes së momentit në rrjedhjen 1D ku termat e paraqitura në të shpjegohen si më poshtë:

$\rho Qv =$  *Momenti në hyrje*

$\rho Qv + \frac{\partial}{\partial x}(\rho Qv)\Delta x =$  *Momenti në dalje*

vlera neto e sasisë së lëvizjes hyrëse në vëllimin e kontrollit është:

$$- \rho \frac{\partial}{\partial x}(Qv)\Delta x$$

Meqënëse sasia e lëvizjes në vëllimin e kontrollit është  $\rho Q\Delta x$ , atëherë vlera e akumulimit të sasisë së lëvizjes shkruhet sipas ekuacionit (3.4):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Q\Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} \dots\dots\dots(3.4)$$

Forcat që veprojnë në *vëllimin e kontrollit* janë: graviteti, presioni dhe fërkimi. Të gjitha këto forca duhet të zbërthehen (shpërbëhen) në drejtimin  $x$  të rrjedhjes së ujit.

Forca e gravitetit është komponentja e peshës në drejtimin e lumit (sipas boshtit  $x$ ):

$$F_g = \rho g A \sin\theta \Delta x \dots\dots\dots(3.5)$$

Ku  $\theta$  është këndi që tabani i lumit formon me horizontin. Për shtretërit e hapur (lumenjtë) këndi  $\theta$  është i vogël, prandaj *sinusi* i këndit është marrë i barabartë me tangetin e këndit.

$$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{\partial z_0}{\partial x} = S_0 \dots\dots\dots(3.6)$$

ku  $Z_0$  është kuota e tabanit dhe  $S_0$  pjerrësia e shtratit. Forca e gravitetit shprehet me ekuacionet e mëposhtme:

$$F_g = \rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x \quad F_g = \rho g A S_0 \Delta x \dots\dots\dots(3.7)$$

Forca neto e presionit duke pranuar që presioni është hidrostatik në një seksion tërthorë është:

$$F_p = \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \dots\dots\dots(3.8)$$

Rezistenca në fërkim është pranuar në kuptimin e rezistencës që pëson uji gjatë lëvizjes në kontakt me fundin dhe shpatet anësore të shtratit. Rezistenca në fërkim për vëllimin e kontrollit është:

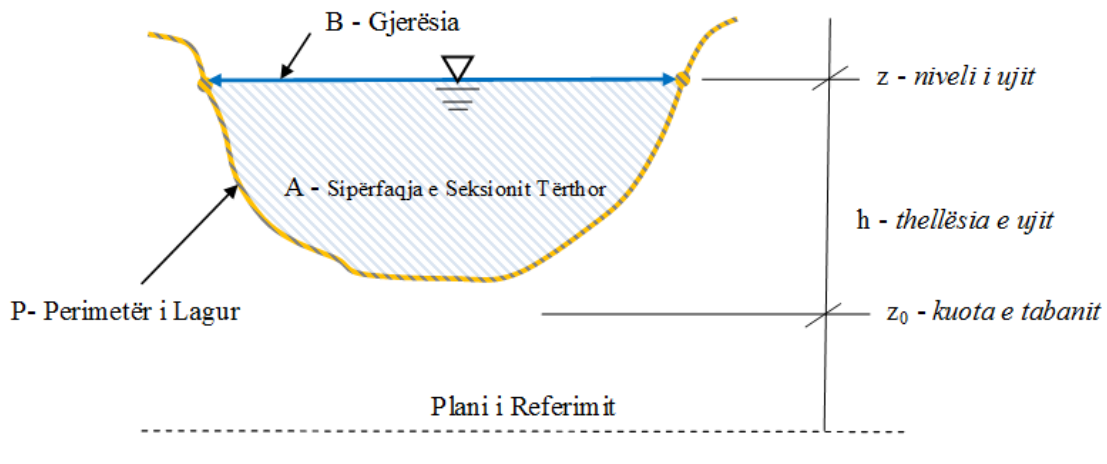
$$F_f = \rho g A S_f \Delta x \dots\dots\dots(3.9)$$

Ku  $S_f$  është *koeficienti i rezistencës në fërkim (pjerrësia e vijës së energjisë)*. Për të shprehur rezistencën në fërkim mund të përdoret njëri nga ekuacionet e rezistencës në shtretër të hapur Manning ose Chezy. Duke përdorur ekuacionin e Manning-ut shpejtësia e rrjedhjes përcaktohet sipas ekuacionit të mëposhtëm:

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \dots\dots\dots(3.10)$$

$R = A/P$  (*Rrezja hidraulike=Sipërfaqja e seksionit tërthorë / Perimetër i lagur*)  
 $n =$  *koeficienti i ashpërsisë sipas Manning-ut*

Në figurën 3.6 paraqiten parametrat hidraulik të seksionit tërthor pingul me rrjedhjen e ujit në lëvizjen 1Dimensionale.



**Figura 3.6:** Parametrat hidraulik të seksionit tërthor në rrjedhjen 1Dimensionale

Duke kombinuar të gjithë termat në një ekuacion të vetëm për ruajtjen e momenteve rezulton ekuacioni i mëposhtëm:

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \frac{\partial Qv}{\partial x} \Delta x + \rho g A S_0 \Delta x - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

Të gjithë termat zhvendosen në të majtë dhe më pas pjesëtohen me  $\rho \Delta x$  dhe  $A$ . Ekuacioni i ruajtjes së momentit merr formën e mëposhtme *forma konservative*:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial(Qv)}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0 \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

Ekuacioni i mësipërm (3.12) konsiderohet ekuacioni i plotë i Saint-Venant ku përfshihet efekti i forcës së inercisë, presionit, gravitetit dhe fërkimit.

Ekuacioni i ruajtjes së momentit në formën *jo-konservative* jepet me anë të ekuacionit (3.13) i cili quhet ndryshe dhe ekuacioni i valës dinamike.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0 \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

Në praktikën inxhinierike ekuacionet e Saint-Venant përdoren edhe në formë të thjeshtuar. Në rastin e valës kinematike (Price, 2004), supozohet që rrjedhja është uniforme dhe pjerrësia e vijës së energjisë është afërsisht e barabartë me pjerrësinë e shtratit të lumit. Në këtë rast ekuacionet e Saint-Venant thjeshtohen në ekuacionin e *valës kinematike (rrjedhja uniforme)*:

$$S_0 - S_f = 0 \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

Në rastin e valës difuzive sipas (Price, 2004) supozohet që termat e inercisë janë më të vogla se termat e gravitetit, fërkimit dhe presionit. Në këtë rast ekuacionet e Saint-Venant thjeshtohen në ekuacionin e valës difuzive (rrjedhja gradualisht e ndryshueshme):

$$g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0 \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

### 3.3 Aspekte numerike të modelimit 1Dimensional në SOBEK

Ekuacionet e Saint-Venant të shprehura në formën e tyre jo-konservative për njësi gjerësie të lumenjve të cilat aplikohen në programin SOBEK janë si më poshtë:

*Ekuacioni i ruajtjes së masës*

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

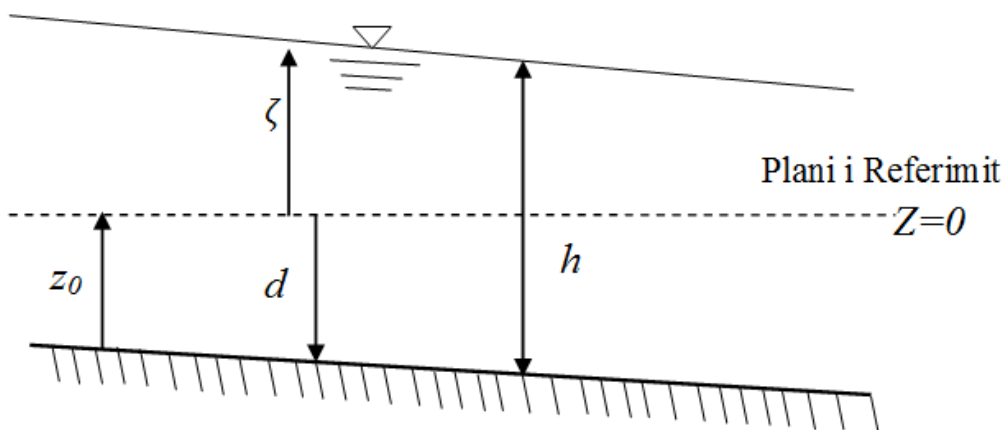
*Ekuacioni i ruajtjes së momentit*

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + c_f \frac{u|u|}{h} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

ku:

- $\zeta$  – niveli i ujit mbi planin e referimit [m]
- $d$  – thellësia e ujit poshtë planit të referimit [m]
- $h$  – thellësia totale e ujit  $h = \zeta + d$  [m]
- $u$  – shpejtësia e ujit [m/s]
- $c_f$  – koeficienti i fërkimit  $= (g/C^2)$

Në figurën 3.7 paraqitet skema e termave që përdoren në ekuacionet e ruajtjes së masës dhe momentit, të cilat aplikohen në programin SOBEK.



**Figura 3.7:** Skema e termave të ekuacioneve të Saint-Venant që aplikohen në softin SOBEK

Për të zgjidhur ekuacionet e Saint-Venant në softin SOBEK është implementuar skema numerike e diferencave të fundme e propozuar nga Stelling, e quajtur Skema Delft. Në skemën Delft sistemi uJOR skematizohet me anë të një rrjete të shkallëzuar të paraqitur në

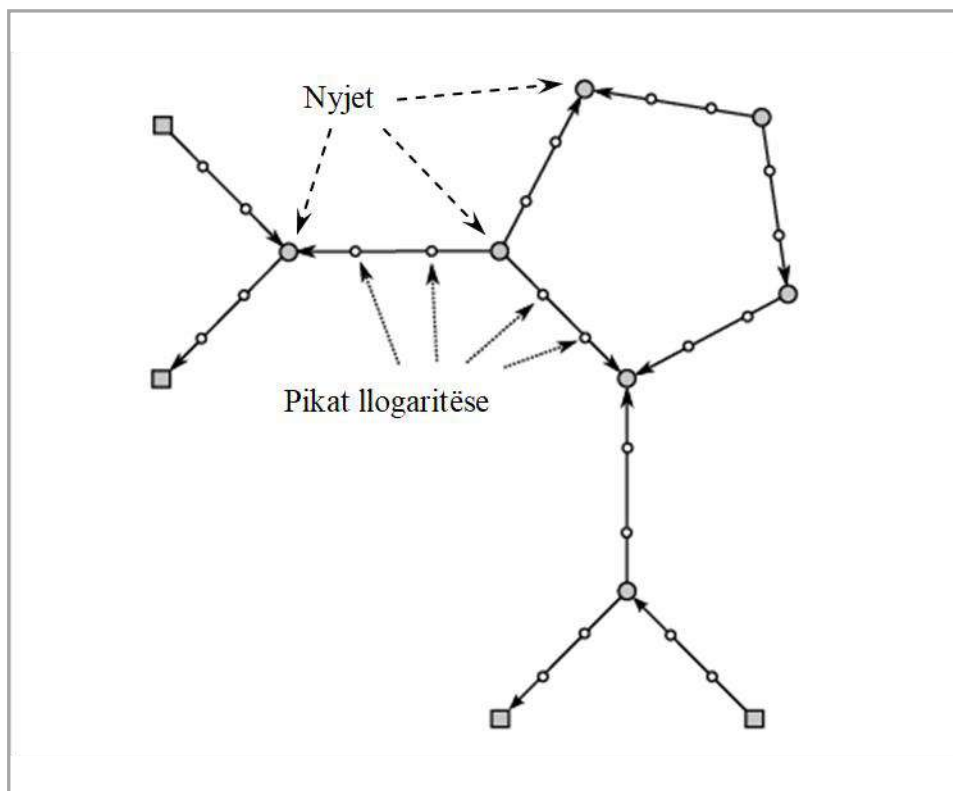
figurën 3.8. Elementë të skematizimit në modulin 1D Flow në softin SOBEK janë nyjet dhe pikat llogaritëse (Deltares, 2013). Këto elementë shpjegohen si më poshtë:

- nyjet shërbejnë për veçimin e degëve të sistemit lumor, ose të zonave me karakteristika të ngjashme.
- pikat llogaritëse vendosen në një distancë të caktuar nga njëra-tjetra. Distanca midis pikave llogaritëse shërben si hap i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  në skemën numerike.

Distanca midis pikave llogaritëse të rrjetës së shkallëzuar zgjidhet duke u bazuar në kriteret e mëposhtme: (Deltares, 2013).

- Distanca midis pikave llogaritëse  $\Delta x$  nuk duhet të jetë shumë e madhe sepse nuk përfaqësohen saktë proceset fizike në sistemin ujqor, si dhe ndikon në saktësinë e llogaritjes së skemës numerike.
- Distanca midis pikave llogaritëse  $\Delta x$  nuk duhet të jetë shumë e vogël sepse rrit kohën e simulimit. Distanca minimale midis pikave llogaritëse në softin SOBEK është 1metër.

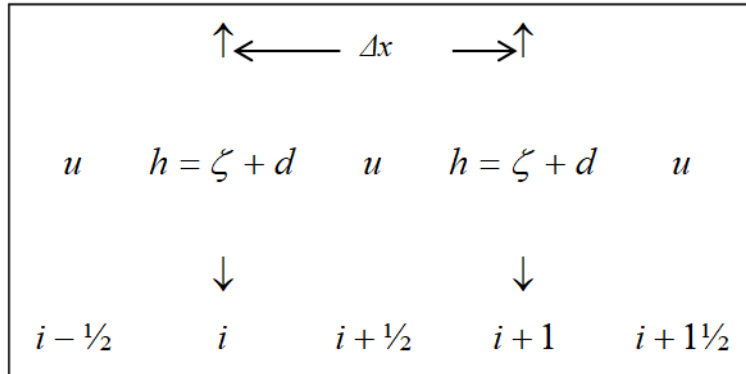
Në rrjetën e shkallëzuar që përdoret në modulin 1D Flow në softin SOBEK nivelet e ujit llogariten në nyjet dhe pikat llogaritëse, ndërsa prurjet llogariten në segmentet e rrjetës ndërmjet pikave llogaritëse.



**Figura 3.8:** Elementë të skematizimit në modulin 1D Flow të softit SOBEK

Skema numerike e propozuar nga Stelling (Skema Delft) është e aftë të trajtojë një gamë të gjerë problemesh praktike, pa prodhuar paqëndrueshmëri numerike (Stelling & Duinmeijer, 2003). Ndër problemet praktike që hasen në modelimin e shtretërve të hapur skema Delft trajton rrjedhjen superkritike duke përfshirë dhe kërcimin hidraulik.

Procedura që përdoret në këtë skemë garanton një zgjidhje të qëndrueshme duke zvogëluar hapin kohor  $\Delta t$  të zgjedhur nga përdoruesi. Në figurën 3.9 paraqitet skema numerike e diferencave të fundme që aplikohet në softin SOBEK. Skema numerike Delft që aplikohet në modulin 1D Flow bazohet në rrjetën e shkallëzuar.



**Figura 3.9:** Skema numerike Delft që aplikohet në modulin 1D Flow të softit SOBEK

Skema numerike Delft që aplikohet në modulin 1D Flow të softit SOBEK bazohet në karakteristikat e mëposhtme (Mynett, 1999):

1. Ekuacioni i ruajtjes së masës përafrohet në mënyrë që (i) masa ruhet jo vetëm në nivel global por gjithashtu në nivel lokal dhe (ii) thellësia totale e ujit është e garantuar të jetë gjithmonë pozitive duke përjashtuar kështu domosdoshmërinë e procedurave të "përmytjes dhe tharjes" .
2. Ekuacioni i ruajtjes së momentit përafrohet në mënyrë që balanca e saktë të plotësohet në afërsi të zonave me gradientë të mëdhenj të nivelit të ujit.

Kombinimi i thellësive pozitive të ujit dhe ruajtjes së masës siguron një zgjidhje numerike të qëndrueshme. Ndërsa balanca e saktë e momentit bën të mundur që kjo zgjidhje e qëndrueshme të jetë konvergjente.

**3.3.1 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së masës sipas skemës numerike Delft**

Në këtë paragraph jepet diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së masës sipas skemës numerike Delft, që aplikohet në modulin 1D Flow. Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) supozohet se shtrati i lumit nuk ndryshon në lidhje me kohën. Nga kjo rrjedh që ekuacioni i ruajtjes së masës (3.16) mund të rishkruhet si më poshtë:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(3.18)$$

Një diskretizim i pjesshëm i Ekuacionit të ruajtjes së masës (3.18) sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) është dhënë me anë të shprehjes së mëposhtme:

$$\frac{dh_i}{dt} + \frac{h_{i+1/2} u_{i+1/2} - h_{i-1/2} u_{i-1/2}}{\Delta x} = 0 \dots\dots\dots(3.19)$$

Në rrejtën e shkallëzuar të paraqitur në figurën 3.9 vlerat e niveleve apo thellësive të ujit mungojnë në pikat  $(i+1/2)$ . Këto pika quhen pikat  $u$ . Në këto pika  $(i+1/2)$  vlera e thellësive të ujit (e shënuar  $*h$ ) përcaktohet me anë të përafritimit të mbrapëm si më poshtë:

$$*h_{i+1/2} = \begin{cases} h_i, & u_{i+1/2} \geq 0 \\ h_{i+1}, & u_{i+1/2} < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (3.20)$$

Përsa i përket diskretizimit në lidhje me kohën, në skemën Delft aplikohet metoda e ashtuquajtur *theta*  $\theta$ . Duke u bazuar në këtë metodë diskretizimi i plotë i Ekuacionit të ruajtjes së masës (3.18) rezulton në shprehjen e mëposhtme:

$$\frac{h_i^{n+1} - h_i^n}{\Delta t} + \frac{*h_{i+1/2}^n u_{i+1/2}^{n+\theta} - *h_{i-1/2}^n u_{i-1/2}^{n+\theta}}{\Delta t} = 0 \dots\dots\dots (3.21)$$

ku  $u^{n+\theta} = \theta u^{n+1} + (1 - \theta)u^n$

Për të nxjerrë kushtet për arritjen e vlerave jo-negative të thellësive të ujit sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003). Ekuacioni (3.21) mund të rishkruhet në formën (3.22) si më poshtë:

$$h_i^{n+1} = \left(1 - \frac{\Delta t u_{i+1/2}^{n+\theta}}{\Delta x}\right) h_i^n + \frac{\Delta t u_{i-1/2}^{n+\theta}}{\Delta x} h_{i-1}^n \dots\dots\dots (3.22)$$

ku:  $u_{i+1/2}^{n+\theta} \geq 0, u_{i-1/2}^{n+\theta} \geq 0$

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) bazuar në shprehjen e mësipërme (3.22), rezulton se vlerat jo-negative të thellësisë së ujit sigurohen në qoftë se Numri Courant plotëson kushtin e mëposhtëm:

$$\frac{\Delta t u_{i+1/2}^{n+\theta}}{\Delta x} < 1 \dots\dots\dots (3.23)$$

Në diskretizimin në lidhje me kohën të ekuacioneve të ruajtjes së masës dhe momentit në modulin 1D Flow të softit SOBEK aplikohet vlera  $\theta = 0.5$ . Sipas (Hirsch, 2007) vlera e  $\theta = 0$  çon në një skemë eksplicite, vlera  $\theta = 1$  çon në një skemë implicite, ndërsa vlera e  $\theta = 0.5$  çon në një skemë semi-implicite.

### 3.3.2 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së momentit sipas skemës numerike Delft

Ekuacioni i ruajtjes së momentit përafrohet në mënyrë të tillë që një ligj i saktë i ruajtjes të aplikohet në afërsi të gradientëve të mëdhenj të nivelit të ujit (Mynett, 1999) dhe (Hesselink, et al., 2003). Gradientët e mëdhenj të nivelit të ujit shkaktohen për shkak të: kërcimeve hidraulike, shkatërrimit të digave, përmytjeve të tokave të ulëta nga çarja e argjinaturave, pjerrësive të mëdha të shtratit ose ndryshimeve të menjëherëshme të shtratit.

Ekuacioni i ruajtjes së momentit në formën konservative sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) jepet me anë të ekuacionit të mëposhtëm (3.24).



$$\frac{\partial}{\partial t}(hu) + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + c_f u|u| = 0 \dots\dots\dots (3.24)$$

ku:  $c_f$  – koeficienti i fërkimit =  $(g/C^2)$

Për përshkrimin e metodës numerike të përdorur nga (Stelling & Duinmeijer, 2003) janë përcaktuar termat e mëposhtëm:

$$u \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{h} \left( \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} - u \frac{\partial(hu)}{\partial x} \right) = \frac{1}{h} \left( \frac{\partial(qu)}{\partial x} - u \frac{\partial q}{\partial x} \right) \dots\dots\dots (3.25)$$

ku:  $q$  prurja për njësi gjerësie  $q = uh$

Diskretizimi i pjesshëm i ekuacionit të ruajtjes së momentit në formën jo-konservative (3.17) sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) është dhënë me anë të shprehjes së mëposhtme:

$$\frac{du_{i+1/2}}{dt} + \frac{1}{\bar{h}_{i+1/2}} \left( \frac{\bar{q}_{i+1} * u_{i+1} - \bar{q}_i * u_i}{\Delta x} - u_{i+1/2} \frac{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}{\Delta x} \right) + g \frac{\zeta_{i+1} - \zeta_i}{\Delta x} + c_f \frac{|u_{i+1/2}| u_{i+1/2}}{\bar{h}_{i+1/2}} = 0 \dots (3.26)$$

$$ku \quad \bar{h}_{i+1/2} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}, \quad \bar{q}_i = \frac{q_{i+1/2} + q_{i-1/2}}{2} \quad dhe \quad q_{i+1/2} = * h_{i+1/2} u_{i+1/2}$$

Në ngjashmëri me ekuacionin e ruajtjes së masës vlerat e shpejtësive të ujit  $*u_i$  mungojnë në pikat  $(i)$ . Këto pika quhen pikat  $\zeta$  të rrjetës së shkallëzuar të paraqitur në figurën 3.9. Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003), vlerat e shpejtësive të ujit përafrohen me anë të përafrimit të mbrapëm si më poshtë:

$$*u_i = \begin{cases} u_{i-1/2}, & n. q. s \quad \frac{q_{i+1/2} + q_{i-1/2}}{2} \geq 0 \\ u_{i+1/2}, & n. q. s \quad \frac{q_{i+1/2} + q_{i-1/2}}{2} < 0 \end{cases}$$

Duke u nisur dhe nga ekuacioni i ruajtjes së masës rezulton shprehja e mëposhtme:

$$\frac{d\bar{h}_{i+1/2}}{dt} + \frac{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}{\Delta x} = 0$$

Nq.s ekuacioni i ruajtjes së momentit në formën (3.26) shumëzohet me madhësinë  $\bar{h}_{i+1/2}$ . Më pas në të shtohet dhe shprehja e mësipërme (që rezulton nga ekuacioni i ruajtjes së masës) e mesatarizuar në pikat e rrjetës  $(i)$  dhe  $(i+1)$  e shumëzuar më pas me  $u$ . Atëherë ekuacioni i ruajtjes së momentit merr formën e mëposhtme (3.27):

$$\frac{d}{dt} (\bar{h}_{i+1/2} u_{i+1/2}) + \frac{\bar{q}_{i+1} * u_{i+1} - \bar{q}_i * u_i}{\Delta x} + g \bar{h}_{i+1/2} \frac{\zeta_{i+1} - \zeta_i}{\Delta x} + c_f |u_{i+1/2}| u_{i+1/2} = 0 \dots (3.27)$$

Ekuacioni i mësipërm (3.27) është konsistent me ekuacionin e ruajtjes së momentit në formën konservative (3.24).

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) për rrjedhje në drejtimin pozitiv përafrimi i termit të adveksionit në Ekuacionin e momentit (3.26) çon në shprehjen e mëposhtme të rendit të parë të saktësisë.

$$\frac{1}{\bar{h}_{i+1/2}} \left( \frac{\bar{q}_{i+1} u_{i+1/2} - \bar{q}_i u_{i-1/2}}{\Delta x} - u_{i+1/2} \frac{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}{\Delta x} \right) = \frac{\bar{q}_i}{\bar{h}_{i+1/2}} \left( \frac{u_{i+1/2} - u_{i-1/2}}{\Delta x} \right) \approx u \frac{\partial u}{\partial x} \dots \dots \dots (3.28)$$

### 3.3.3 Diskretizimi i ekuacionit të ruajtjes së energjisë sipas skemës numerike Delft

Ekuacioni i ruajtjes së energjisë është dhënë me anë të formulës (3.29) sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{2} u^2 + g \zeta \right) + c_f \frac{u|u|}{h} = 0 \dots \dots \dots (3.29)$$

Në afërsi të rrjedhjes gradualisht të përshpejtuar sipas (Hesselink, *et al.*, 2003) supozohet rrjedhje e qëndrueshme dhe fërkimi me shtratin neglizhohet. Prej këtij supozimi rezulton ekuacioni i Bernulit si më poshtë:

$$\frac{u^2}{2g} + \zeta_i = \textit{konstante} \dots \dots \dots (3.30)$$

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) diskretizimi i pjesshëm në lidhje me hapësirën i Ekuacionit të ruajtjes së energjisë (3.29) jepet si më poshtë:

$$\frac{du_{i+1/2}}{dt} + \frac{1/2 * u_{i+1}^2 - 1/2 * u_i^2}{\Delta x} + g \frac{\zeta_{i+1} - \zeta_i}{\Delta x} + c_f \frac{|u_{i+1/2}| u_{i+1/2}}{1/2(h_{i+1} + h_i)} = 0 \dots \dots \dots (3.31)$$

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) në afërsi të ndryshimeve të menjëhershme të rrjedhjes, ku derivatet në lidhje me kohën dhe fërkimi me shtratin mund të neglizhohen, rezulton shprehja e mëposhtme (e cila është konsistente me ekuacionin e Bernulit):

$$\frac{*u_i^2}{2g} + \zeta_i = \frac{*u_{i+1}^2}{2g} + \zeta_{i+1} \dots \dots \dots (3.32)$$

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) vlerat e shpejtësive të ujit  $*u_i$  mungojnë në pikat  $\zeta$ . Prandaj ato përafrohen me anë skemës së përafrimit të mbrapëm si më poshtë:

$$*u_i = \begin{cases} u_{i-1/2}, & \textit{n. q. s} \frac{u_{i+1/2} + u_{i-1/2}}{2} \geq 0 \\ u_{i+1/2}, & \textit{n. q. s} \frac{u_{i+1/2} + u_{i-1/2}}{2} < 0 \end{cases}$$

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) për rrjedhje në drejtimin pozitiv përafrimi i termit të adveksionit rezulton në shprehjen e mëposhtme të rendit të parë të saktësisë.

$$\frac{1/2 * u_{i+1}^2 - 1/2 * u_i^2}{\Delta x} = \frac{1/2 u_{i+1/2}^2 - 1/2 u_{i-1/2}^2}{\Delta x} = 1/2 (u_{i+1/2} + u_{i-1/2}) \left( \frac{u_{i+1/2} - u_{i-1/2}}{\Delta x} \right) \approx u \frac{\partial u}{\partial x} \dots \dots \dots (3.33)$$

Në afërsi të gradientëve të mëdhenj të nivelit të ujit është i rëndësishëm aplikimi i principit të ruajtjes së masës i shoqëruar me principin e ruajtjes së momentit ose principin e ruajtjes së energjisë. Ekuacioni i ruajtjes së momentit (3.24) dhe ekuacioni i ruajtjes së

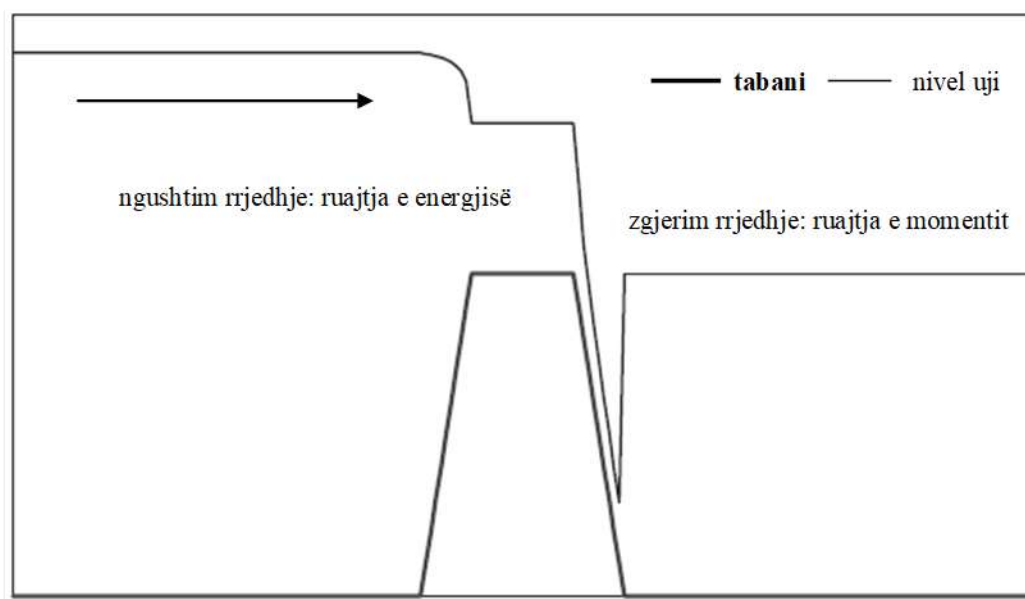
energjisë (3.29) janë ekuivalent me njëri tjetrin, ndërsa në rastin e gradientëve të mëdhenj të nivelit të ujit këto ekuacione nuk japin zgjidhje të njëjtë.

Në qoftë se aplikohet principi jo i duhur i balancës në afërsi të gradientëve të mëdhenj të nivelit të ujit atëherë do të arrihet në rezultate jo të sakta (Stelling & Duinmeijer, 2003). Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) aplikohet principi i ruajtjes së momentit, me përjashtim të ngushtimeve të mëdha të rrjedhjes ku aplikohet principi i ruajtjes së energjisë.

Në termat e aplikimit numerik sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003), diferenca midis principit të ruajtjes së momentit dhe ruajtjes së energjisë mund të shihet si diferenca midis përafritit të termit të adveksionit  $u \frac{\partial u}{\partial x}$ .

Në rastin kur aplikohet principi i ruajtjes së momentit termi i adveksionit përafrohet me anë të formulës (3.28), ndërsa kur aplikohet principi i ruajtjes së energjisë termi i adveksionit përafrohet me anë të formulës (3.33).

Në figurën 3.10 sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) paraqitet aplikimi i principeve të ruajtjes së energjisë dhe ruajtjes së momentit në rastin e rrjedhjes mbi një kapërderdhës të shoqëruar me një kërcim hidraulik. Bazuar në principet e hidraulikës në shtretër të hapur kërcimi hidraulik sipas (Chow, 1959) konsiderohet një zgjerim i menjëhershëm i rrjedhjes.



**Figura 3.10:** Aplikimi i principeve të ruajtjes së momentit dhe energjisë në një kapërderdhës

### 3.4 Modelimi i rrjedhjes 2Dimensionale në sistemet lumore

#### 3.4.1 Ekuacionet e lëvizjes në rrjedhjen 2Dimensionale

Metoda e përshkruar për ekuacionet e rrjedhjes 1Dimensionale përdoret edhe në rrjedhjen 2Dimensionale. Supozimet kryesore të aplikuar në ekuacionet e rrjedhjes 2Dimensionale të Saint-Venant janë sipas (Abbott & Minns, 1998):

- thellësia e ujit është shumë më e vogël në krahasim me shkallët horizontale të gjatësisë
- shpejtësitë në drejtimin vertikal janë neglizhuar

Ekuacione 2D të Saint-Venant aplikohen për një sërë problemesh që hasen në praktikën inxhinierike duke filluar nga rrjedhja në oqeanë deri në rrjedhjen që rezultojnë nga çarja e digave ose argjinaturave. Ekuacionet e rrjedhjes 2D të Saint-Venant të shprehura në formën e tyre *jo-konservative* (për njësi gjerësie të lumenjve) të cilat aplikohen në programin SOBEK janë si më poshtë:

Ekuacioni i ruajtjes së masës (3.34), ekuacioni i ruajtjes së momentit në drejtimin  $x$  (3.35) dhe ekuacioni i ruajtjes së momentit në drejtimin  $y$  (3.36).

*Ekuacioni i ruajtjes së masës*

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.34)$$

*Ekuacioni i ruajtjes së momentit*

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + c_f \frac{u|u|}{h} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.35)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + c_f \frac{v|u|}{h} = 0 \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

ku:

$\zeta$  – niveli i ujit mbi planin e referimit [m]

$d$  – thellësia e ujit poshtë planit të referimit [m]

$h$  – thellësia totale e ujit  $h = \zeta + d$  [m]

$c_f$  – koeficienti i fërkimit =  $(g/C^2)$

$u$  – shpejtësia e ujit në drejtimin-  $x$  [m/s]

$v$  – shpejtësia e ujit në drejtimin-  $y$  [m/s]

$|u|$  – shpejtësia rezultante :  $|u| = \sqrt{u^2 + v^2}$  [m/s]

$\Delta x$  – madhësia e qelizës së rrjetës 2Dimensionale në drejtimin  $x$  [m]

$\Delta y$  – madhësia e qelizës së rrjetës 2Dimensionale në drejtimin  $y$  [m]

### **3.4.2 Aspekte numerike të modelimit 2Dimensional në SOBEK**

Për zgjidhjen e ekuacioneve 2D të Saint-Venant në softin SOBEK aplikohet skema numerike e diferencave të fundme Delft. Skema numerike Delft që aplikohet në modulën 2D Flow të softit SOBEK përdor rrjetën e shkallëzuar drejtkëndore të paraqitur në figurën 3.11 sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003).

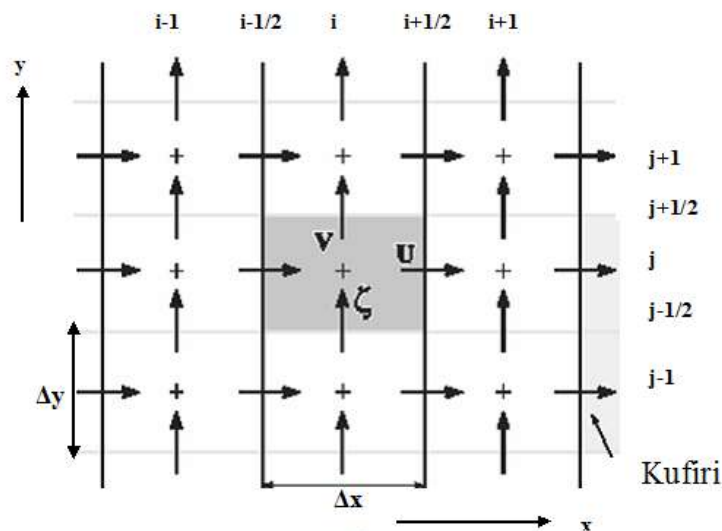
Shpesh herë në modelet matematikë të përmytjeve, shumica e skemave numerike trajtojnë rastin me kusht të poshtëm me shtrat të lagët. Ky është në të vërtetë rasti i

shkatërrimit të digës në një lumë. Por në rastin e prishjes së argjinaturave të një lumi, duhet të konsiderohet si kusht i poshtëm me shtrat të thatë.

Skema numerike Delft e zhvilluar nga Stelling për rrjedhjen 2Dimensionale aplikohet në të dy rastet me sukses. Kjo skemë gjeneron rezultate të sakta në rastin e prishjes së digave apo argjinaturave duke marrë në konsideratë të dy rastet me kufi të poshtëm: shtrat të thatë dhe shtrat të lagët.

Skema numerike që aplikohet në softin SOBEK garanton gjithmonë një thellësi positive uji, gjithashtu bën të mundur llogaritjen e rrjedhjes në tokë të thatë pa përdorur procedura speciale të tharjes/ lagies.

Skema numerike e zhvilluar nga Stelling bën të mundur simulimin e rrjedhjeve nën-kritike dhe superkritike. Kjo skemë ka të përfshirë një vlerësues automatik të hapit kohor ( $\Delta t$ ). Vlerësuesi automatik bën të mundur përshtatjen e hapit kohor (zvogëlimin ose rritjen e  $\Delta t$ ) në përputhje me karakteristikat e rrjedhjes së ujit në çdo moment të simulimit.



**Figura 3.11:** Rrjeta e shkallëzuar 2Dimensionale që përdoret në skemën numerike të Delft

Më poshtë paraqitet diskretizimi në hapësirë i Ekuacionit të ruajtjes së masës sipas skemës numerike Delft, që aplikohet në modulën 2D Flow të softit SOBEK. Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) diskretizimi në hapësirë i Ekuacionit të ruajtjes së masës (3.34) është dhënë me anë të shprehjes së mëposhtme:

$$\frac{d\zeta_{i,j}}{dt} + \frac{h_{i+1/2,j} u_{i+1/2,j} - h_{i-1/2,j} u_{i-1/2,j}}{\Delta x} + \frac{h_{i,j+1/2} v_{i,j+1/2} - h_{i,j-1/2} v_{i,j-1/2}}{\Delta y} = 0 \dots\dots\dots(3.37)$$

Paraqitet gjithashtu dhe diskretizimi në hapësirë i Ekuacioneve të ruajtjes së momentit në drejtimet  $x$  dhe  $y$  sipas skemës numerike Delft, që aplikohet në modulën 2D Flow të softit SOBEK. Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) duke supozuar drejtim pozitiv të rrjedhjes, diskretizimi në hapësirë i Ekuacioneve të ruajtjes së momentit (3.35) dhe (3.36) jepen me anë të shprehjeve të mëposhtme (3.38) dhe (3.39):

$$\frac{du_{i+1/2,j}}{dt} + \frac{u\bar{q}_{i,j}^x}{\bar{h}_{i+1/2,j}^x} \frac{u_{i+1/2,j} - u_{i-1/2,j}}{\Delta x} + \frac{v\bar{q}_{i,j-1/2}^x}{\bar{h}_{i+1/2,j}^x} \frac{u_{i+1/2,j} - u_{i+1/2,j-1}}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i+1,j} - \zeta_{i,j}}{\Delta x} + \frac{u_{i+1/2,j} |u_{i+1/2,j}|}{\bar{h}_{i+1/2,j}^x} = 0 \dots\dots\dots(3.38)$$

$$\frac{dv_{i,j+1/2}}{dt} + \frac{u\bar{q}_{i-1/2,j}^y}{\bar{h}_{i,j+1/2}^y} \frac{v_{i,j+1/2} - v_{i-1,j+1/2}}{\Delta x} + \frac{v\bar{q}_{i,j}^y}{\bar{h}_{i,j+1/2}^y} \frac{v_{i,j+1/2} - v_{i,j-1/2}}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i,j+1} - \zeta_{i,j}}{\Delta y} + c_f \frac{v_{i,j+1/2} |v_{i,j+1/2}|}{\bar{h}_{i,j+1/2}^y} = 0 \dots\dots\dots(3.39)$$

ku:

$$uq = uh, \quad vq = vh,$$

$$\bar{h}_{i+1/2,j}^x = (h_{i,j} + h_{i+1,j})/2$$

$$\bar{h}_{i,j+1/2}^y = (h_{i,j} + h_{i,j+1})/2$$

Në këtë mënyrë janë përcaktuar dhe termat e tjerë.

Sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) diskretizimi në hapësirë i ekuacionit të ruajtjes së energjisë sipas drejtimeve  $x$  dhe  $y$  jepet me anë të shprehjeve të mëposhtme (3.40) dhe (3.41):

$$\frac{du_{i+1/2,j}}{dt} + \bar{u}_{i,j}^x \frac{u_{i+1/2,j} - u_{i-1/2,j}}{\Delta x} + \bar{v}_{i,j-1/2}^x \frac{u_{i+1/2,j} - u_{i+1/2,j-1}}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i+1,j} - \zeta_{i,j}}{\Delta x} + c_f \frac{u_{i+1/2,j} |\bar{u}_{i+1/2,j}|}{\bar{h}_{i+1/2,j}^x} = 0 \dots\dots\dots(3.40)$$

$$\frac{dv_{i,j+1/2}}{dt} + \bar{u}_{i-1/2,j}^y \frac{v_{i,j+1/2} - v_{i-1,j+1/2}}{\Delta x} + \bar{v}_{i,j}^y \frac{v_{i,j+1/2} - v_{i,j-1/2}}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i,j+1} - \zeta_{i,j}}{\Delta y} + c_f \frac{v_{i,j+1/2} |\bar{u}_{i,j+1/2}|}{\bar{h}_{i,j+1/2}^y} = 0 \dots\dots\dots(3.41)$$

Shenja  $\bar{u}$  tregon se vlera e shpejtësia rezultante është e mesatarizuar.

Parimi i ruajtjes së energjisë është një parim që zbatohet përgjatë vijave të rrymës. Rrjeta 2Dimensionale nuk përputhet me vijat e rrymës si në rastin e rrjetës 1Dimensionale. Nga kjo rezulton se ekuacionet (3.40) dhe (3.41) nuk janë saktësisht ekuivalente me ekuacionin e Bernoullit përgjatë vijave të rrymës. Megjithatë, sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) ekuacionet (3.40) dhe (3.41) nuk gjenerojnë energji shtesë në nivel lokal dhe shuarja e energjisë që shkaktohet në nivel lokal është e vogël.

Diskretizimi në lidhje me kohën bazohet në metodën e ashtuquajtur *theta*  $\theta$ . Sipas (Hirsch, 2007) vlera  $\theta = 0$  rezulton në një skemë eksplicite, vlera  $\theta = 1$  rezulton në një skemë implicite, ndërsa për  $\theta = 0.5$  semi-implicite.

Në diskretizimin në lidhje me kohën të ekuacioneve të ruajtjes së masës dhe momentit në modulin 2D Flow të softit SOBEK aplikohet vlera e  $\theta = 0.5$ . Një version i linearizuar i ekuacioneve të ruajtjes së masës dhe të ruajtjes së momentit në drejtimin  $x$  dhe  $y$  sipas (Stelling & Duinmeijer, 2003) jepetsi më poshtë:

$$\frac{\zeta_{i,j}^{n+1} - \zeta_{i,j}^n}{\Delta t} + \frac{*h_{i+1/2,j}^n u_{i+1/2,j}^{n+\theta} - *h_{i-1/2,j}^n u_{i-1/2,j}^{n+\theta}}{\Delta x} + \frac{*h_{i,j+1/2}^n v_{i,j+1/2}^{n+\theta} - *h_{i,j-1/2}^n v_{i,j-1/2}^{n+\theta}}{\Delta y} = 0 \dots\dots (3.42)$$

$$\frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} - u_{i+1/2,j}^n}{\Delta t} + u_{\rightarrow}^n \frac{u_{i+1/2,j}^n - u_{i-1/2,j}^n}{\Delta x} + v_{\uparrow}^n \frac{u_{i+1/2,j}^n - u_{i+1/2,j-1}^n}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i+1,j}^{n+\theta} - \zeta_{i,j}^{n+\theta}}{\Delta x} + c_f \frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} |\bar{u}_{i+1/2,j}^n|}{(\bar{h}^x)_{i+1/2,j}^n} = 0 \dots\dots\dots(3.43)$$

$$\frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} - v_{i,j+1/2}^n}{\Delta t} + u_{\rightarrow}^n \frac{v_{i,j+1/2}^n - v_{i-1,j+1/2}^n}{\Delta x} + v_{\uparrow}^n \frac{v_{i,j+1/2}^n - v_{i,j-1/2}^n}{\Delta y} + g \frac{\zeta_{i,j+1}^{n+\theta} - \zeta_{i,j}^{n+\theta}}{\Delta x} + c_f \frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} |\bar{u}_{i,j+1/2}^n|}{(\bar{h}^y)_{i,j+1/2}^n} = 0 \dots\dots\dots(3.44)$$

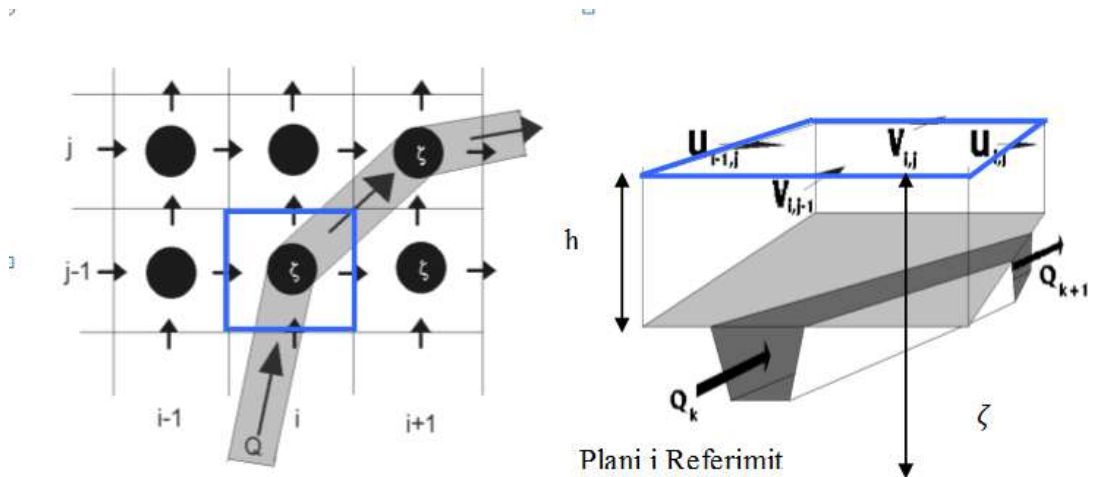
Ekuacionet e mësipërme (3.42), (3.43) dhe (3.44) aplikohen në softin SOBEK për llogaritjen e rrjedhjes 2Dimensionale.

### **3.5 Modelimi i kombinuar 1D/2Dimensional në softin SOBEK**

Në softin SOBEK kombinimi i domeineve 1Dimensional dhe 2Dimensional bëhet përgjatë një plani horizontal ku qelizat e rrjetës 2Dimensionale janë vendosur mbi domeinin 1D. Domeinet 1D dhe 2D konsiderohen si dy shtresa llogaritëse të veçuara nga njëra-tjetra. Domeini 1D përbëhet nga seksione tërthore, ku rrjedhja modelohet në bazë të ekuacioneve 1D të Saint-Venant. Domeini 2D përbëhet nga një rrjetë drejtkëndore që përfaqëson topografinë e terrenit. Në këtë rrjetë drejtkëndore aplikohen ekuacionet 2D të Saint-Venant.

Kur niveli i ujit kalon mbi shtratin e lumit atëherë domeinet 1D dhe 2D kombinohen automatikisht me njëra-tjetrën. Kombinimi ndodh në pikat llogaritëse të rrjetit 1D, kudo ku ato mbivendosen me qelizat e rrjetës 2D. Sipas (Stelling & Verwey, 2005) filozofia e modelimit të kombinuar 1D/2D në softin SOBEK bazohet në supozimin që: gjerësia e shtratis të lumit është e vogël në krahasim me madhësinë e qelizës së rrjetës 2D. Ky supozim është i vlefshëm në rastin e lumenjve të ngushtë me një fushë të gjerë që përmytjet.

Në rastin e lumenjve të ngushtë ndodhet vetëm një qelizë e rrjetës 2D mbi pikën llogaritëse 1D, siç tregohet në figurën 3.12 sipas (Deltares, 2013). Qeliza e rrjetës 2D dhe pika llogaritëse 1D lidhen me njëra-tjetrën duke patur një nivel uji të njëjtë. Në aplikimin e ekuacionit të ruajtjes së masës, vëllimet e duhura 1D dhe 2D janë të kombinuara në mënyrë që ata të kenë të njëjtin nivel uji.



**Figura 3.12:** Paraqitja skematike e modelimit të kombinuar 1D/2D në softin SOBEK

Ekuacioni i ruajtjes së masës në këtë rast shkruhet si më poshtë: (Verwey, 2001).

$$\frac{dv_{i,j}(\zeta)}{dt} + \Delta y((uh)_{i,j} - (uh)_{i-1,j}) + \Delta x((vh)_{i,j} - (vh)_{i-1,j}) + \sum_{l=1}^{L(i,j)} Q_{kl} = 0 \dots (3.45)$$

ku:  $\mathcal{V}$  – vëllimi i kombinuar 1D/2D

$u$  – shpejtësia e rrjetës 2D në drejtimin-  $x$  [m/s]

$v$  – shpejtësia e rrjetës 2D në drejtimin-  $y$  [m/s]

$h$  – thellësia e ujit mbi tabanin e qelizës 2D [m]

$\zeta$  – niveli i ujit mbi planin e referimit [m]

$\Delta x$  – madhësia e qelizës së rrjetës 2D në drejtimin  $x$  [m]

$\Delta y$  – madhësia e qelizës së rrjetës 2D në drejtimin  $y$  [m]

$Q_{kl}$  – prurja në 1D që del prej vëllimit të kontrollit përmes degës  $kl$

$L(i,j)$  – numri i degëve në 1D që lidhen me nyjen 2D  $i,j$

Në rastin e ekuacionit të ruajtjes së momentit, sistemet 1D dhe 2D mbeten të ndara nga njëtra-tjetra. Shpejtësitë e lëvizjes së ujit dhe prurjet i përkasin ose sistemit 1D ose sistemit 2D siç përshkruhet nga (Dhondia & Stelling, 2004). Në këtë rast nuk merret parasysh shkëmbimi i momentit midis dy sistemeve 1D dhe 2D. Ekuacioni i momentit në 2D që aplikohet për qelizat që mbivendosen mbi seksionet tërthore 1D në drejtimin  $x$  (3.46) dhe  $y$  (3.47) jepet si më poshtë:

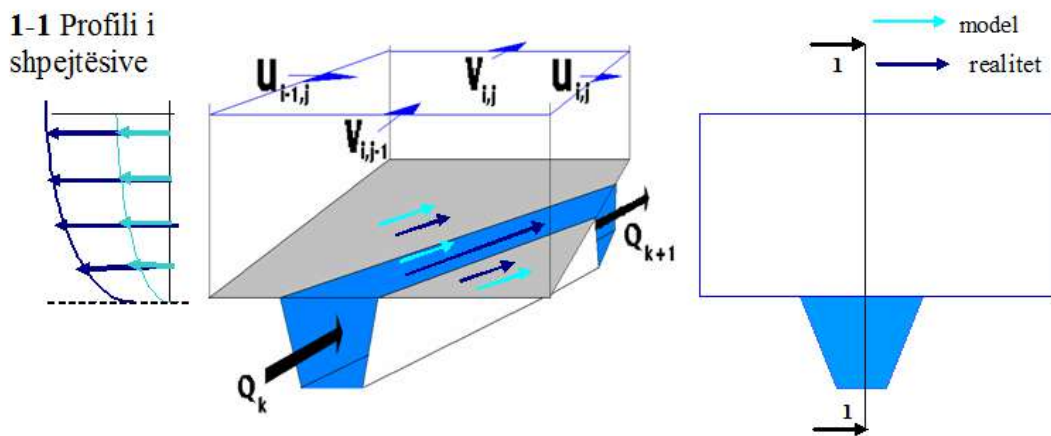
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u|u|}{c^2 h} = 0 \dots (3.46)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \frac{v|u|}{c^2 h} = 0 \dots (3.47)$$

ku :  $|u|$  – shpejtësia rezultante,  $|u| = \sqrt{u^2 + v^2}$



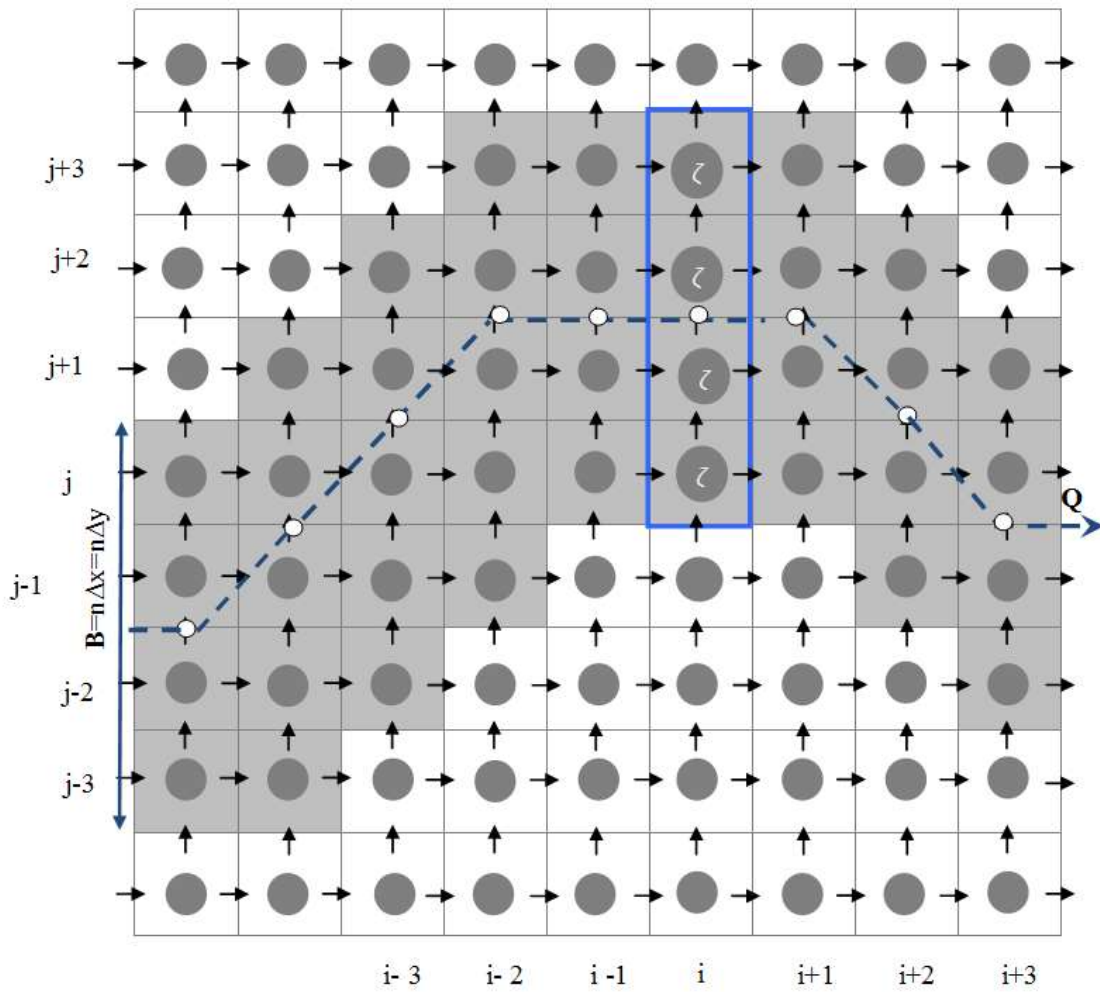
Si rezultat i ndarjes së domeineve 1D dhe 2D në ekuacionin e ruajtjes së momentit, shpërndarja e shpejtësisë nuk është e saktë për pjesën e rrjetës 2D që ndodhet mbi seksionin tërthor. Gabimi që bëhet duke neglizhuar shkëmbimin e momentit midis domeinit 1D dhe atij 2D është i vogël në rastin kur gjerësia e shtratit të lumit është e vogël në krahasim me madhësinë e qelizës së rrjetit 2D. Në figurën 3.13 bazuar në (Abazi, 2005) paraqitet shpërndarja e shpejtësive në modelin e kombinuar 1D/2D, për qelizën e rrjetës 2D mbi seksionin tërthor për lumenjtë e ngushtë.



**Figura 3.13:** Paraqitja e shpejtësive të rrjedhjes në modelin e kombinuar 1D/2D për lumenjtë të ngushtë

Në rastin e lumenjve të gjerë, gjerësia e shtratit është disa herë më e madhe se madhësia e qelizës së rrjetës 2Dimensionale. Në këtë rast mbi seksionin tërthor të lumit mbivendoset më shumë se një qelizë e rrjetës drejkëndore 2Dimensionale (figura 3.14). Aplikimi i modelit të kombinuar 1D/2D duke neglizhuar shkëmbimin e momentit midis domeinit 1Dimensional dhe 2Dimensional rezulton në gabime jo të vogla në lumenjtë e gjerë. Ky problem haset në të gjithë programet që aplikohen në modelimin e kombinuar 1D/2D të rrjedhjes në lumenjtë e gjerë.

Kur gjerësia e seksionit tërthorë është më e madhe se madhësia e qelizës së rrjetës 2Dimensional (rasti i lumenjve të gjerë), këshillohet të përdoret modelimi plotësisht 2Dimensional. Në rastin e modelimit plotësisht 2Dimensional madhësia e qelizës së rrjetës 2Dimensionale përcaktohet në mënyrë që të paraqesi sa më saktë tabanin e shtratit të lumit.



**Figura 3.14:** Paraqitja skematike e modelimit të kombinuar 1D/2D për lumenjtë e gjerë

## **KAPITULLI 4. NDËRTIMI I MODELIT MATEMATIK 1D PËR LUMIN BUNA**

### **4.1 Ndërtimi i modeli matematik 1D në SOBEK**

Për të ndërtuar modelin matematik për lumin Buna dhe pjesën e poshtme të lumit Drin është përdorur moduli 1D FLOW në softin SOBEK. Të dhënat e nevojshme për të ndërtuar modelin matematik 1D për zonën në studim në softin SOBEK janë: të dhënat gjeometrike të terrenit, të dhënat hidrologjike dhe parametrat numerik.

#### **4.1.1 Të dhënat Gjeometrike**

Të dhënat gjeometrike bazohen në matjet topografike të profilave tërthorë, të kryer në rajonin e studimit në periudhën 2005–2006, nga Akademia e Shkencave e Shqipërisë dhe Akademia e Shkencave dhe Arteve e Malit të Zi (ASA & MASA, 2006). Të dhënat kryesore gjeometrike konsistojnë në përcaktimin e skemës së sistemit lumor, seksionet tërthorë, distanca midis seksioneve tërthorë, koeficientët e ashpërsisë, dhe informacioni i bashkimit apo ndarjes së rrjedhjeve ujore.

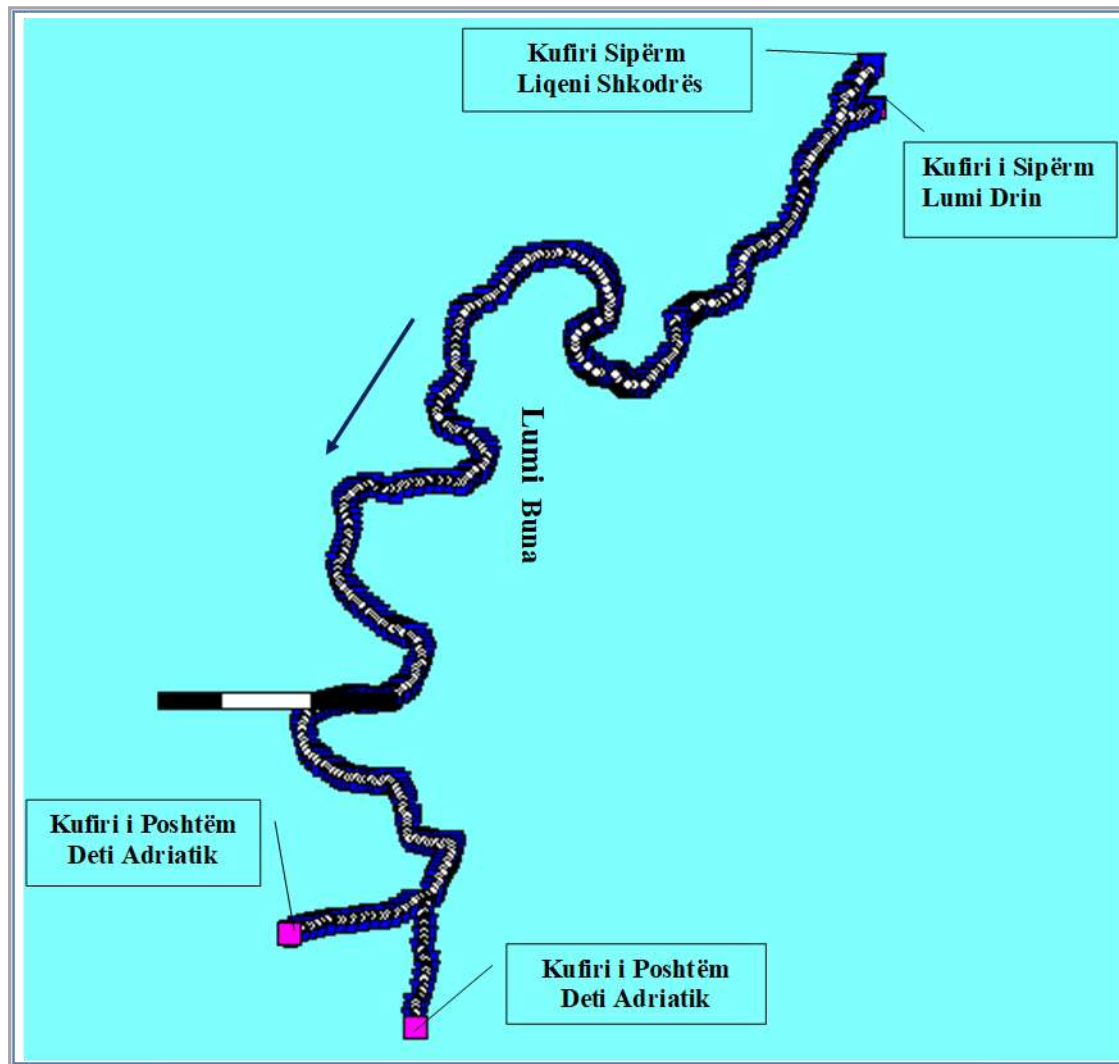
#### ***Skematika e sistemit ujq***

Skematika e sistemit lumor karakterizon sesi degët e ndryshme të një sistemi ujq janë lidhur me njëra-tjetrën. Lidhja e degëve me njëra-tjetrën është shumë e rëndësishme për modelin matematik me qëllim që të kuptohet sesi llogaritjet duhet të vazhdojnë nga njëra degë tek tjetra. Në rastin e modelit 1D të Tërësisë Ujqore të Liqenit të Shkodrës, Lumit Drin dhe Buna është marrë në konsideratë bashkimi i rrjedhjeve midis lumit Drin dhe lumit Buna në nyjen e bashkimit të tyre. Gjithashtu është marrë në konsideratë dhe ndarja e rrjedhjeve të lumit Buna në degën e grykëderdhjes në Shqipëri dhe në Mal të Zi. Në figurën 4.1 paraqitet skema e modelit matematik 1D të Tërësisë Ujqore të Liqenit të Shkodrës, Lumit Drin dhe Buna të ndërtuar në softin SOBEK.

#### ***Seksionet tërthore***

Seksionet tërthore janë një pjesë shumë e rëndësishme e skematizimit të sistemeve lumore. Është e nevojshme që të disponohet një numër i mjaftueshëm seksionesh tërthorë që të përshkruajnë në mënyrë të saktë topografinë e shtratit të lumit. Topografia jo e saktë e shtratit të lumit mund të jetë një burim i madh i gabimeve gjatë procesit të kalibrimin të modelit matematik 1D.

Për modelimin e Tërësisë Ujqore të Liqenit të Shkodrës, Lumit Drin dhe Buna janë përdorur 395 seksione tërthorë: nga të cilët: 15 seksione tërthorë në liqenin e Shkodrës, 9 seksione tërthorë në lumin Drin para bashkimit me Bunën, 14 seksione tërthorë për pjesën e grykëderdhjes së Bunës në pjesën e Malit të Zi, 12 seksione tërthorë për pjesën e grykëderdhjes për pjesën Shqiptare dhe pjesa tjetër e seksioneve tërthorë përshkruajnë lumin Buna pas bashkimit me Drinin deri në afërsi të fshatit Pulaj (në nyjen e ndarjes së lumit Buna në dy degët e grykëderdhjes).



**Figura 4.1:** Skema e modelit 1D të Tërësisë Ujore, Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna

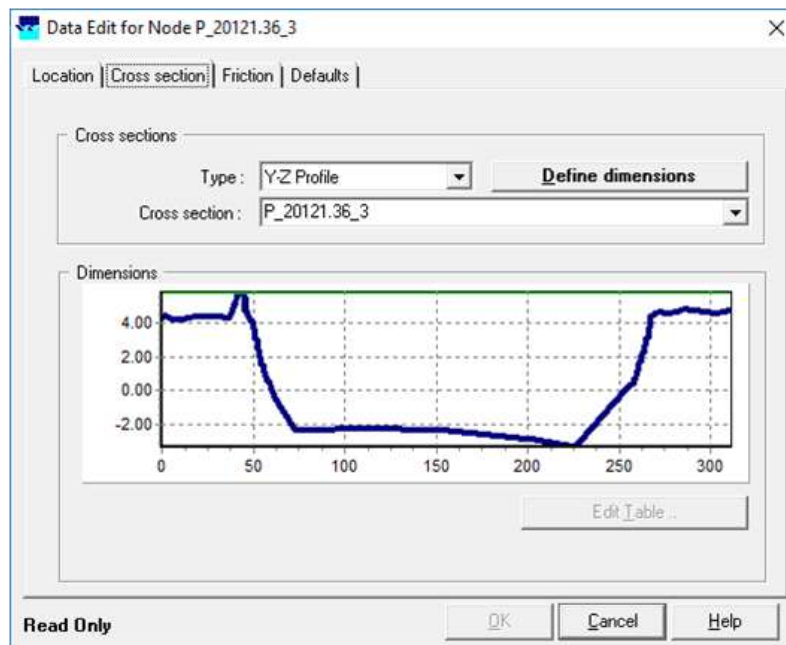
Seksionet tërthore në pjesën e poshtme të lumit Drin dhe seksione tërthorë të lumit Buna nga dalja e tij nga Liqeni i Shkodrës deri në afërsi të fshatit Samrisht i Poshtëm janë matur nga pala Shiptare. Pjesa e seksioneve tërthore nga fshati Samrisht i Poshtëm deri në grykëderdhjen në detin Adriatik duke përfshirë grykëderdhjen në pjesën shqiptare dhe atë malazeze janë matur nga pala e Malit të Zi.

Këto seksione tërthore ishin në sisteme të ndryshme koordinative. Pala malazeze e ka kryer studimin topografik në sistemin shtetëror malazes të koordinatave (Datum: Hermannskogel, Projektioni: Gaus-Krueger (Zona 6, 3°). Të dhënat e palës shqiptare ishin në sistemin e vjetër shtetëror të koordinatave të vitit 1986 (Alb86).

Të gjitha burimet e mësipërme të informacionit (përfshirë edhe ato të palës malazeze) janë transformuar dhe gjeoreferuar në një sistem të vetëm koordinativ (WGS84, UTM-34). Gjithashtu në të gjitha të dhënat e palës malazeze u krye një transformim në lartësi (kuotë), duke u shtuar rezultateve të matjeve gjeodezike përkatëse +0.092 m, me qëllim që të konvertoheshin në sistemin shqiptar të lartësive ortometrike bazuar në (Pandazi & Abazi, 2011) dhe (Kuka, *et al.*, 2014).

Softi SOBEK krijon mundësinë e përzgjedhjes së tipeve të ndryshme të seksioneve tërthorë. Në rastin e shtretërve të hapur tipi Y–Z i afrohet më shumë shtratit natyral pasi përbëhet nga një numër ( $n$ ) pikash me kordinata ( $y_i, z_i$ ). Në figurën 4.2 paraqitet seksioni tërthor në afërsi të fshatit Pentar i marrë nga modeli matematikë 1D i ndërtuar në softin SOBEK.

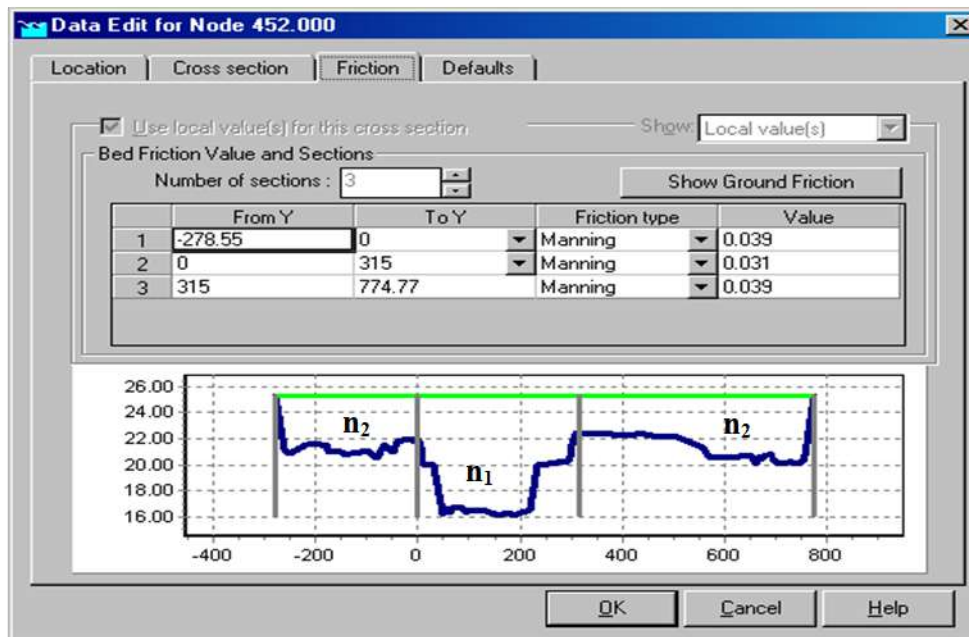
Seksionet tërthore të matura nga pjesa malazeze dhe shqiptare janë analizuar për gabime në të dhëna. Për shkak të sasisë së madhe të informacionit të seksioneve tërthore ekzistonin disa mospërputhje midis të dhënave në Excel dhe përfaqësimit grafik të seksioneve tërthore në softin AutoCAD. Këto gabime janë janë korrigjuar në mënyrë që të sigurohet një paraqitje sa më e mirë e topografisë së shtratit të lumit.



**Figura 4.2:** Paraqitja e seksionit tërthor në modelin matematik 1D për zonën në studim

### ***Koeficienti i rezistencës në fërkim***

Një tjetër element i rëndësishëm në përshkrimin e seksioneve të lumenjve është koeficienti i rezistencës së rrjedhës së shtratit. Për seksionet tërthore të tipit Y–Z, është e mundur të përcaktohen vlera të ndryshme të koeficientit të fërkimit për pjesën e shtratit kryesor ( $n_1$ ) dhe për anabrigjet ( $n_2$ ). Në figurën 4.3 jepet paraqitja e koeficientit të ashpërsisë për një seksion tërthor në rastin e modelimit 1D në softin SOBEK. Softi SOBEK krijon mundësinë e përdorimit të koeficientëve të ndryshëm të fërkimit si: Manning, Chezy, Strickler, White-Colebrook dhe Bos & Bijkerk. Në rastin e modelit matematik 1D të ndërtuar për zonën në studim është përdorur koeficienti i ashpërsisë sipas Manning. Fillimisht është përcaktuar një vlerë paraprake për koeficientin e ashpërsisë sipas Manning bazuar në rekomandimet nga literatura. Më pas vlerat më të sakta të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning-ut u përcaktuan në procesin e kalibrimit të modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK.



**Figura 4.3:** Paraqitja e koeficientit të rezistencës për një seksion tërthor në modelimin 1D në SOBEK

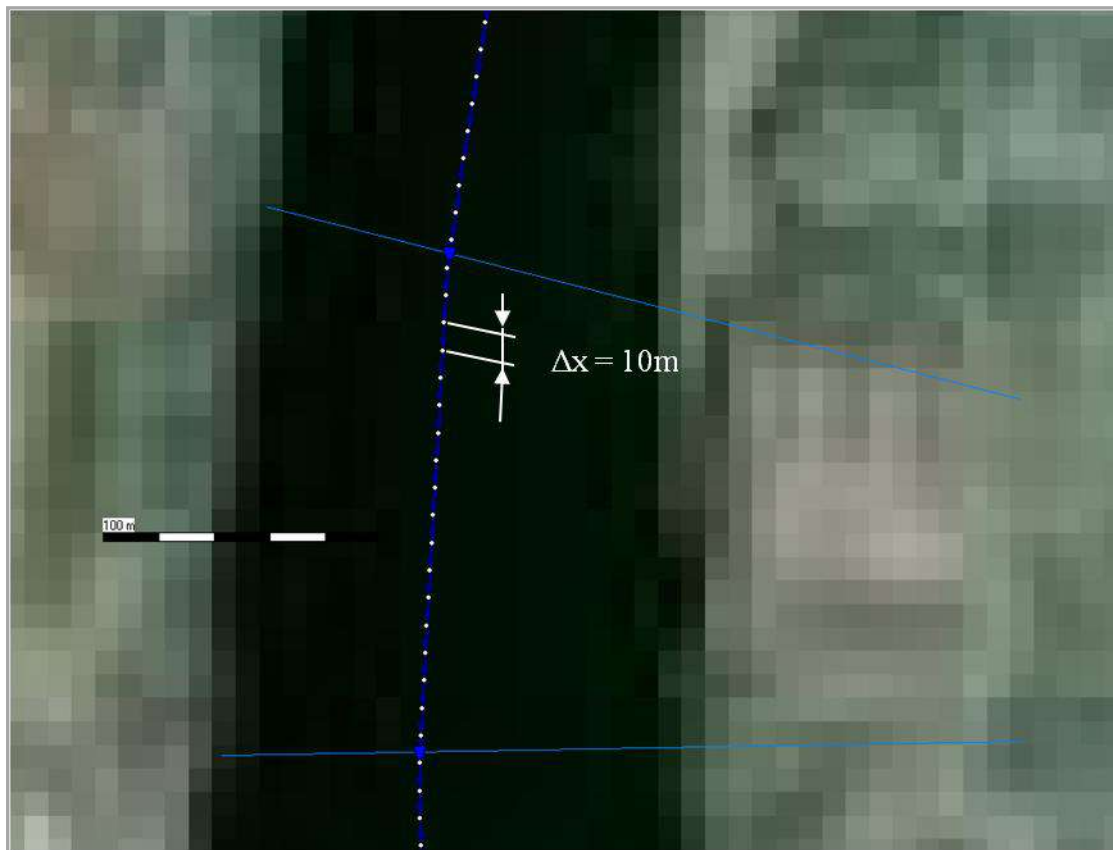
#### 4.1.2 Parametrat numerikë

Parametrat numerikë janë një tjetër element i rëndësishëm në ndërtimin e modeleve matematik të llogaritjes së rrjedhjes në shtretërit e hapur. Në rastin e modeleve 1Dimensional dy parametrat kryesorë numerikë janë: hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  dhe hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$ . Këta parametra ndikojnë në saktësinë e zgjidhjes numerike të ekuacioneve 1Dimensionale të Saint-Venant.

##### *Hapi i diskretizimit në hapësirë*

Në rastin e skemës numerike Delft që aplikohet në softin SOBEK, hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  është distanca midis pikave llogaritëse. Në pikat llogaritëse të vendosura midis seksioneve tërthorë softi interpolon të dhënat e topografisë së shtratit të lumit bazuar në matjet e kryera në terren.

Pikat llogaritëse përfaqësojnë rrjetën e shkallëzuar që përdoret për zgjidhjen numerike të ekuacionit të ruajtjes së masës dhe ruajtjes së momentit në modelin 1D. Me anë të skemës numerike Delft që përdoret në softin SOBEK përcaktohen nivelet e ujit në pikat llogaritëse, ndërsa prujet përcaktohen në segmentin midis dy pikave llogaritëse. Në modelin matematik 1D të ndërtuar për zonën në studim në softin SOBEK është përdorur hapi i diskretizimit hapësinor  $\Delta x = 10$  m (figura 4.4).



**Figura 4.4:** Diskretizimi i hapësirës në modelin 1D të ndërtuar për zonën në studim

#### *Hapi i diskretizimit në kohë*

Hapi i diskretizimit në kohë është një parametër i rëndësishëm që ndikon në saktësinë e rezultateve të modelit matematik. Hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$  përdoret nga skema numerike Delft për llogaritjen e parametrave hidraulikë si: nivele uji, shpejtësi, prurje, etj.

Softi SOBEK përdor një vlerësues automatik të hapit të lejuar të diskretizimit të kohës  $\Delta t_{lejuar}$ . Vlera e  $\Delta t_{lejuar}$  llogaritet nga softi SOBEK bazuar në plotësimin e kushtit të numrit të Courant. Softi redukton përkohësisht hapin  $\Delta t_{përdorues}$  (të përcaktuar nga përdoruesi në model) në kushte të caktuara të rrjedhjes. Nëse zgjidhja e ekuacioneve 1D të rrjedhjes për hapin  $\Delta t_{përdorues}$  çon në paqëndrueshmeri numerike ose thellësitë negative, atëherë hapi kohor  $\Delta t$  reduktohet nga softi SOBEK deri në vlerën  $\Delta t_{lejuar}$  (Deltares, 2013).

Në rastin e modelit matematik 1D për zonën në studim hapi i diskretizimit në kohë është zgjedhur  $\Delta t = 2$  minuta. Kjo vlerë është përzgjedhur në mënyrë që të plotësojë kushtin e numrit të Courant.

Në figurën 4.5 paraqitet modeli matematik 1D për zonën në studim pasi janë vendosur të dhënat gjeometrike dhe parametrat numerik. Në këtë model bien në sy seksionet tërthore që janë marrë në lumin Drin para bashkimit me Bunën (rreth 1 km gjatësi), të cilët bëjnë të mundur marrjen në konsideratë të prurjeve që hyjnë në Bunë nga lumi Drin. Lumi Drin është një degë me ndikim të madh në rrjedhën e lumit Buna.

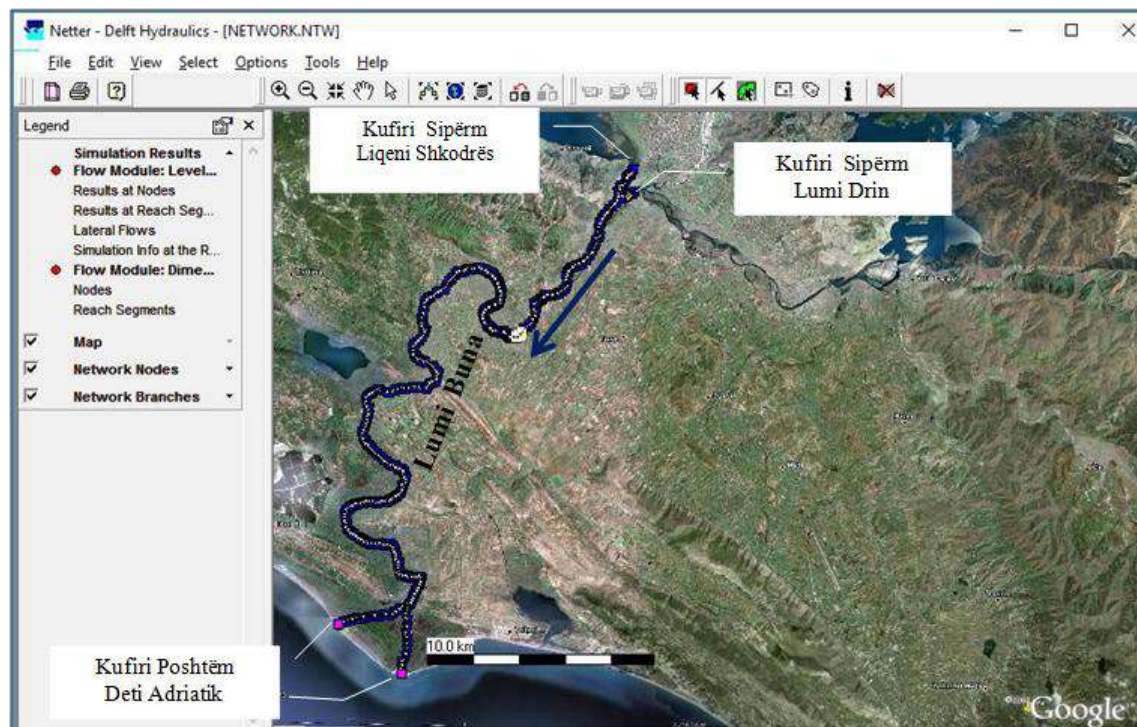


Figura 4.5: Modeli matematik 1D për lumin Buna ndërtuar në softin SOBEK

## 4.2 Kalibrimi i modelit matematik 1Dimensional

Kalibrimi i modelit matematik, i përkufizuar si procedura e vlerësimit të modelit, është një fazë e rëndësishme në procesin e modelimit (Vidal *et al.*, 2005). Sipas (Refsgaard & Henriksen, 2004) kalibrimi i modelit matematik është: "procedura e përshtatjes së vlerave të parametrave për të riprodhuar realitetin brenda intervalit të saktësisë të përcaktuar në kriteret e performancës". Kalibrimi i modelit matematik është një element shumë i rëndësishëm i cili kërkon shumë kohë në procesin e modelimit.

Kalibrimi i modelit matematik 1Dimensional për zonën në studim është kryer sipas metodës tradicionale Trial-and-error. Sipas (Vidal *et al.*, 2007) kjo metodë bazohet në krahasimin e vlerave të llogaritura dhe vlerave të matura të niveleve të ujit dhe rregullimin manual të vlerave të parametrave të ashpërsisë " $n$ " sipas Manning në mënyrë që modeli të riprodhojë matjet në terren me një saktësi të pranueshme. Për një vlerësimin paraprak të vlerave të koeficientit të ashpërsisë " $n$ " sipas Manning u përdorën tabelat dhe figurat e përpiluara nga (Chow, 1959). Bazuar në natyrën dhe karakteristikat e shtretërve të hapur tabelat dhe figurat e Ven Te Chow rekomandojnë vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë. Vlerat e koeficientit të ashpërsisë  $n$  sipas Manning më pas saktësohen gjatë procesit të kalibrimit në mënyrë që rezultatet e modelit matematik të përafrohen më matjet në terren.

Për kalibrimin e modelit matematik zakonisht zgjidhen një numër ngjarjesh, të cilat janë komplementare me njëra-tjetrën në aspektin e parametrave të kalibrimit. Sipas (Verwey, 2001) "Kalibrimi i një modeli matematik të lumit zakonisht fillon me kalibrimin e rrjedhjes me niveleve të ulëta dhe përfundon me kalibrimin e ngjarjeve tipike".



Gjatë procesit të kalibrimit duhet të kihet parasysh që të mos shkelet integriteti i parametrave duke iu dhënë atyre vlera jashtë diapazonit të lejuar. Çdo sforcim për të kalibruar parametrin “ $n$ ” sipas Manning me vlera jashtë diapazonit të lejuar, bën që modeli matematik të jetë i dyshimtë për tu përdorur për aplikime të mëvonshme.

Modeli matematik 1D i ndërtuar në softin SOBEK është kalibruar për seritë kohore të matjeve të nivelit të ujit në stacionet automatike on-line: Dajç (lumi Buna), Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Bahçellëk (lumi Drin). Këto stacione automatike on-line janë instaluar si rezultat i financimit nga projekte të ndryshme (Hoxhaj *et al.*, 2015), (GIZ, 2014) dhe (World Bank, 2014). Vendndodhja e stacioneve automatike të përdorur në procesin e kalibrimit të modelit matematik 1D paraqitet në figurën 4.6, ku si sfond është përdorur harta e Google Street.

Të dhënat e niveleve të ujit të përdorura gjatë procesit të kalibrimit të modelit matematik kishin rezolucione të ndryshme kohore. Të dhënat e niveleve të ujit për stacionin e Dajçit kishin rezolucion kohor 15 minuta, ndërsa të dhënat e matjeve për stacionet Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut ishin orare. Të dhënat e matjeve të nivelit të ujit nga stacionet automatike janë analizuar për probleme të cilat përfshijnë mungesë të dhënash apo vlera të matura gabim (Abazi, 2016). Mbas kontrollit dhe përpunimit të të dhënave, nivelet orare të ujit janë përdorur në procesin e kalibrimit të modelit matematik të ndërtuar në softin SOBEK. Të dhënat orare të niveleve të ujit në stacionet automatike të përmendura më sipër ofrojnë një mundësi të mirë për një kalibrim të detajuar të modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK.



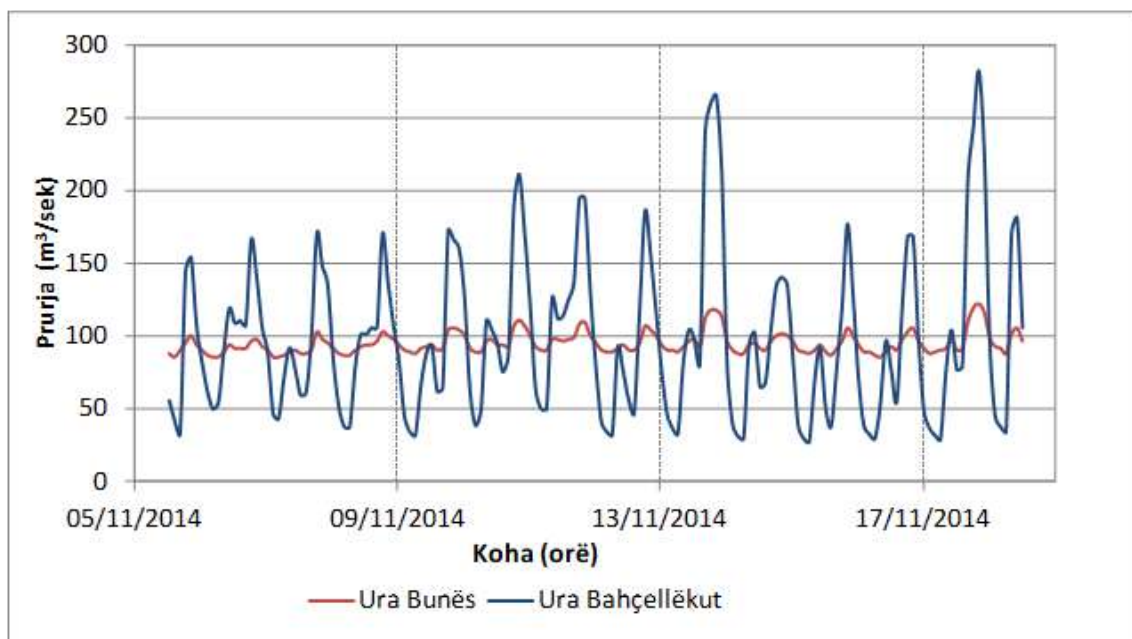
**Figura 4.6:** Vendndodhja e stacioneve automatike të përdorura në procesin e kalibrimit të modelit matematik

Seritë kohore të niveleve të ujit të përdorura gjatë procesit të kalibrimit përfshijnë periudhat e rrjedhjes me nivel të ulët dhe të lartë. Për të kalibruar modelin matematik për regjimin e rrjedhjes me nivel të ulët, janë përdorur si kusht kufitar i sipërm hidrografët e prurjes të gjeneruar në stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën kohore 6– 18 Nëntor 2014.

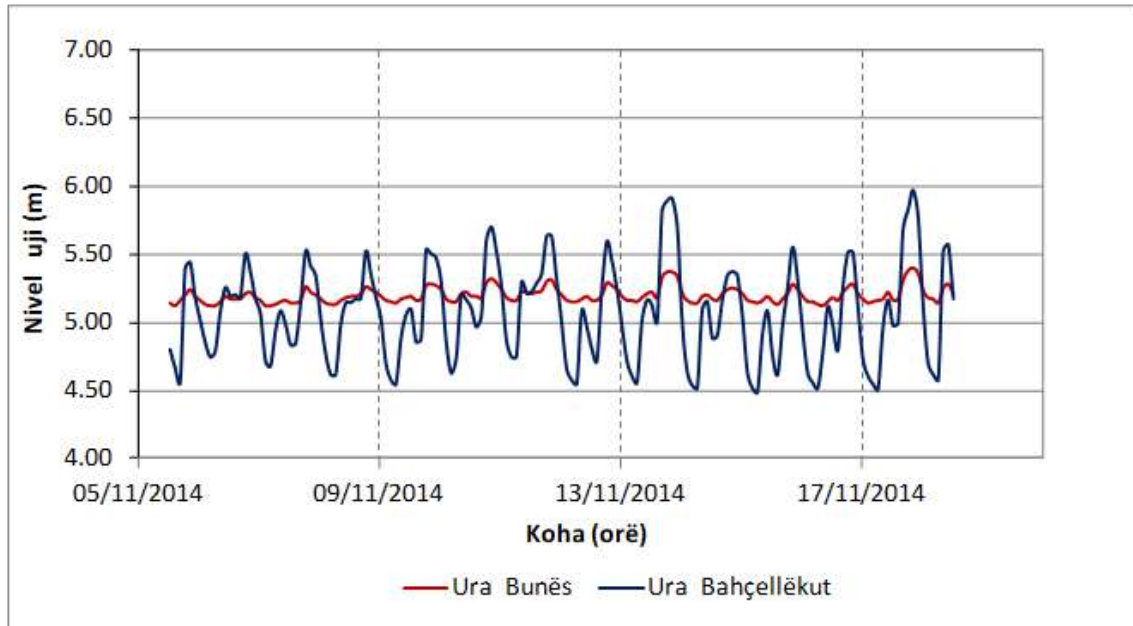
Prurjet janë gjeneruar duke konvertuar nivelet orare të ujit në këto stacione automatike bazuar në kurbën e prurjes. Kurbat e prurjes për këto stacione janë ndërtuar duke u bazuar në matjet e prurjes të kryera në këto dy stacione në periudhat kohore 1992– 2001 dhe 2010. Hidrografët e prurjeve për stacionin Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut të paraqitura në figurën 4.7 janë llogaritur bazuar në kurbën e prurjes të ndërtuar për këto stacione (GIZ, 2018). Në grafikun në figurën 4.8 paraqiten nivelet e ujit të marra nga stacionet automatike Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta 06/11/2014 – 18/11/2014.

Për të kalibruar modelin matematik për regjimin e rrjedhjes me nivele të larta janë përdorur si kusht kufitar i sipërm hidrografët e prurjeve të gjeneruara në stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën kohore 25 Janar – 24 Shkurt 2015 (figura 4.9). Kjo periudhë ka një plotë karakteristike për lumin Buna me kohëzgjatje rreth një muaj. Plota të tilla me kohëzgjatje një mujore apo më shumë janë karakteristike për lumenj me rrjedhje të qetë dhe me pjerrësi mjaft të vogla hidraulike, siç është në realitet edhe lumi Buna (Pandazi & Abazi, 2002). Në grafikun në figurën 4.10 paraqiten nivelet e ujit të marra nga stacionet automatike Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta 25/01/2015 – 24/02/2015.

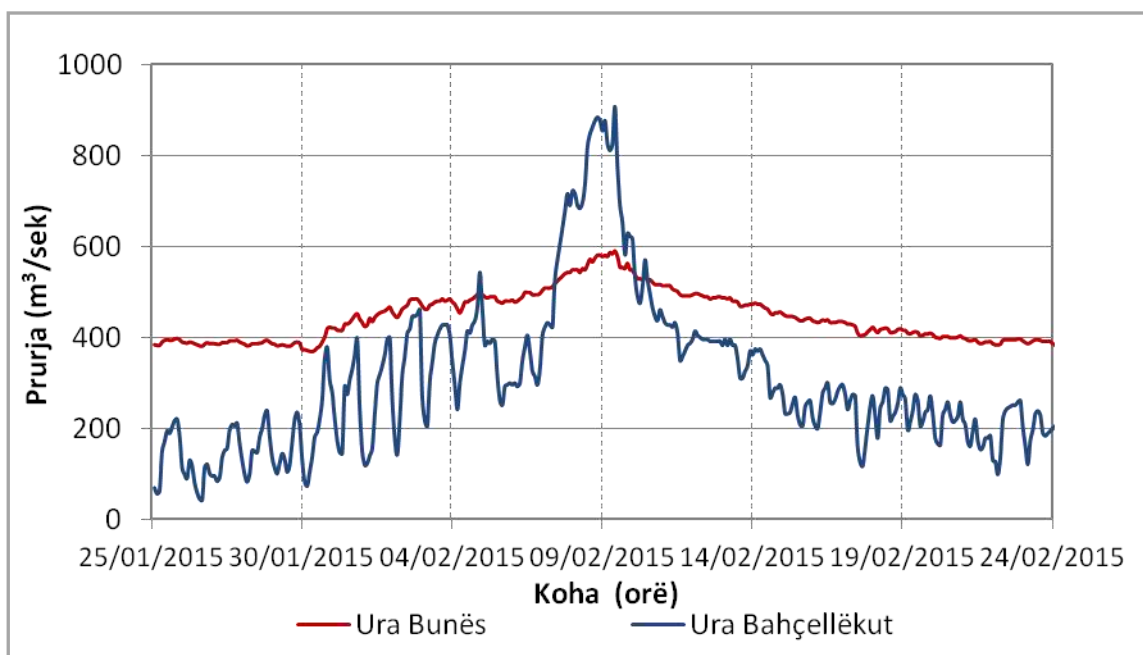
Kusht kufitar i poshtëm është përdorur niveli i ujit në detin Adriatik në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe në Mal të Zi.



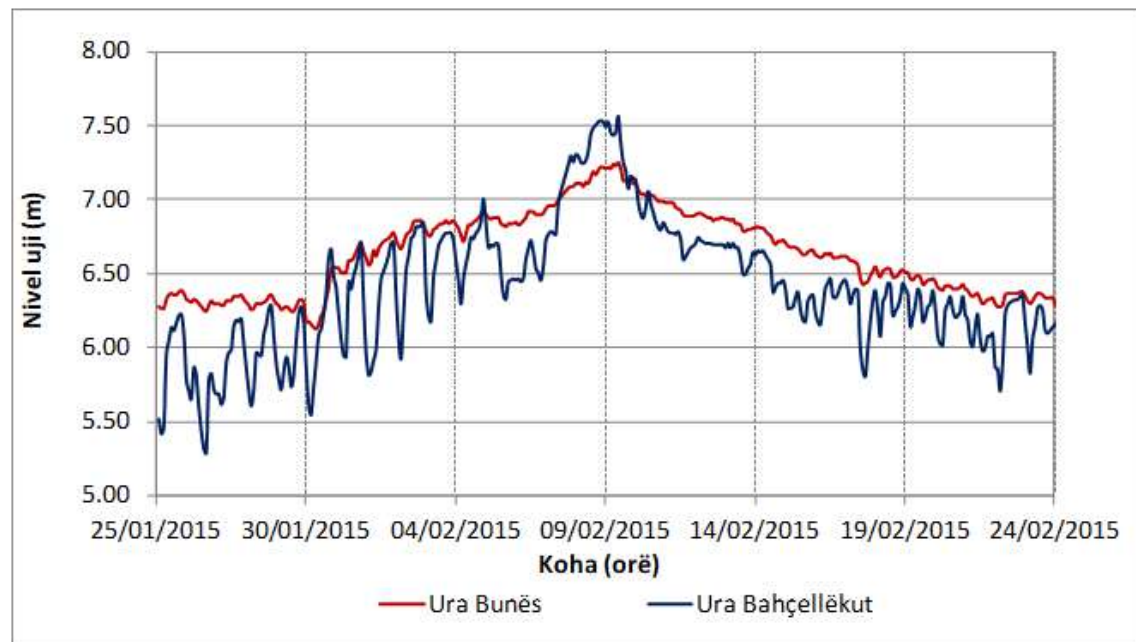
**Figura 4.7:** Hidrografët e prurjeve për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të ulëta



**Figura 4.8:** Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të ulëta



**Figura 4.9:** Hidrografët e prurjeve për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me nivele të larta



**Figura 4.10:** Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet në lumin Buna dhe Drin për rrjedhjen me niveleve të larta

Prej grafikëve të paraqitur në figurat e mësipërme shihet qartë ndikimi i rrjedhës së lumit Drin në rregjimin ujqor të lumit Buna. Lumi Drin është një lumë i rregulluar, në të cilin rregjimi i rrjedhjes varet nga operimi i rezervuarve të digave që janë ndërtuar përgjatë rrjedhjes së tij. Lulatjet e rrjedhës së lumit Drin për shkak të operimit të hidrocentraleve të Fierzës, Komanit dhe Vaut të Dejes reflektohen në prurjet dhe nivelet e ujit të lumit Buna.

#### 4.2.1 Kriteret e vlerësimit të modelit matematik

Për të analizuar performancën e modelit matematik në fazën e kalibrimit janë përdorur parametra sasior dhe cilësor, duke përfshirë krahasimet grafike dhe testet statistikore (Duda *et al.*, 2012). Metoda e krahasimeve grafike përfshin paraqitjen grafike të serive kohore të niveleve të ujit të matura kundrejt niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik. Grafikët e serive kohore vlerësohen në mënyrë vizuale duke u bazuar në përputhjen midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik dhe atyre të matura prej stacioneve automatike.

Analiza e koeficientit të korrelacionit është një metodë e dobishme në identifikimin e variablave potencialisht të varura nga njëra-tjetra. Koeficienti i korrelacionit  $R$  ka si kufi të sipërm vlerën  $+1$  dhe kufi të poshtëm vlerën  $-1$ . Koeficienti i korrelacionit jep vetëm një ide të përgjithshme të varësisë midis variablave, prandaj nuk mund të përdoret si një tregues i saktë i afërsisë së variablave. Teste të tjera statistikore duhet të kryhen për të analizuar performancën e modelit matematik siç shpjegohen më poshtë.

Testet e tjera statistikore të përdorura për vlerësimin e performancës së modelit në fazën e kalibrimit janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE – Root Mean Square Error), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE – Mean Absolute Error). Në tabelën 4.1

paraqiten në formë ekuacionesh testet statistikore sipas (Solomatine, 2003), të cilat janë përdorur për vlerësimin e performancës së modelit matematik në fazën e kalibrimit.

**Tabela 4.1** Testet statistikore të përdorura për vlerësimin e performancës së modelit matematik

Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit RMSE - Root Mean Squared Error	$\sqrt{\frac{(p_1 - a_1)^2 + \dots + (p_n - a_n)^2}{n}}$
Mesatarja e Gabimit Absolut MAE – Mean Absolute Error	$\frac{ p_1 - a_1  + \dots +  p_n - a_n }{n}$
Koeficienti i Korrelacionit R– Correlation Coefficient	$\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})(a_i - \bar{a})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}}$

ku:

$a$  = vlera e variablës së matur në terren

$p$  = vlera e variablës së parashikuar nga modeli

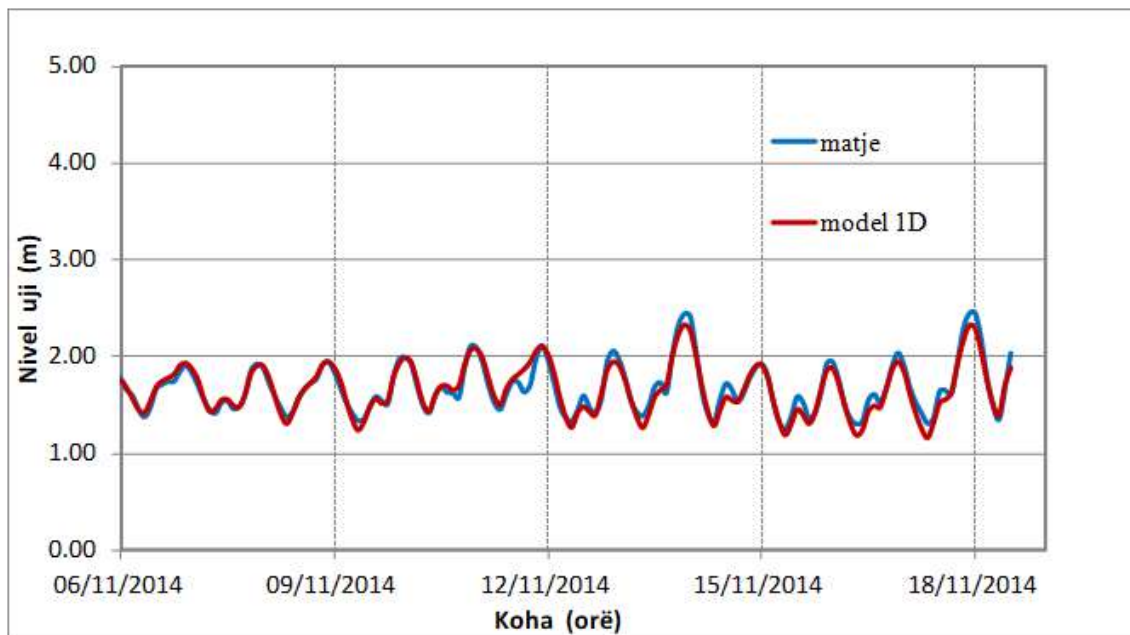
$n$  = numri i matjeve në setin e të dhënave

Për të vlerësuar performancën e modelit matematik 1D është marrë në shqyrtim stacioni automatik on-line i Dajçit. Ky stacion është përdorur pasi seria e të dhënave të tij është e vazhduar dhe nuk ka paraqet shumë probleme me të dhënat.

Rezultatet e niveleve të ujit të marra nga simulimet e modelit matematik 1D të ndërtuar në SOBEK janë krahasuar me matjet e nivelit të ujit në stacionin automatik të Dajçit. Me anën e testeve statistikore është vlerësuar përputhja e niveleve orare të ujit nga rezultatet e modelit 1D me nivelet e matura orare.

#### 4.2.2 Analiza e performancës së modelit 1D për rrjedhjen me nivele të ulëta

Mbas dhjetra simulimesh, vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” sipas Manning-ut për shtratin kryesor ( $n_1$ ) dhe për anabrigjet ( $n_2$ ) janë aplikuar. Vlerat e niveleve të ujit në stacionin e Dajçit që rezultojnë nga simulimet për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta (6– 18 Nëntor 2014) paraqiten në grafikun në figurën 4.11. Këto nivele sigurojnë përputhjen më të mirë me nivelet e ujit të matura për kombinime të ndryshme të vlerave të koeficientit të ashpërsisë ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ).



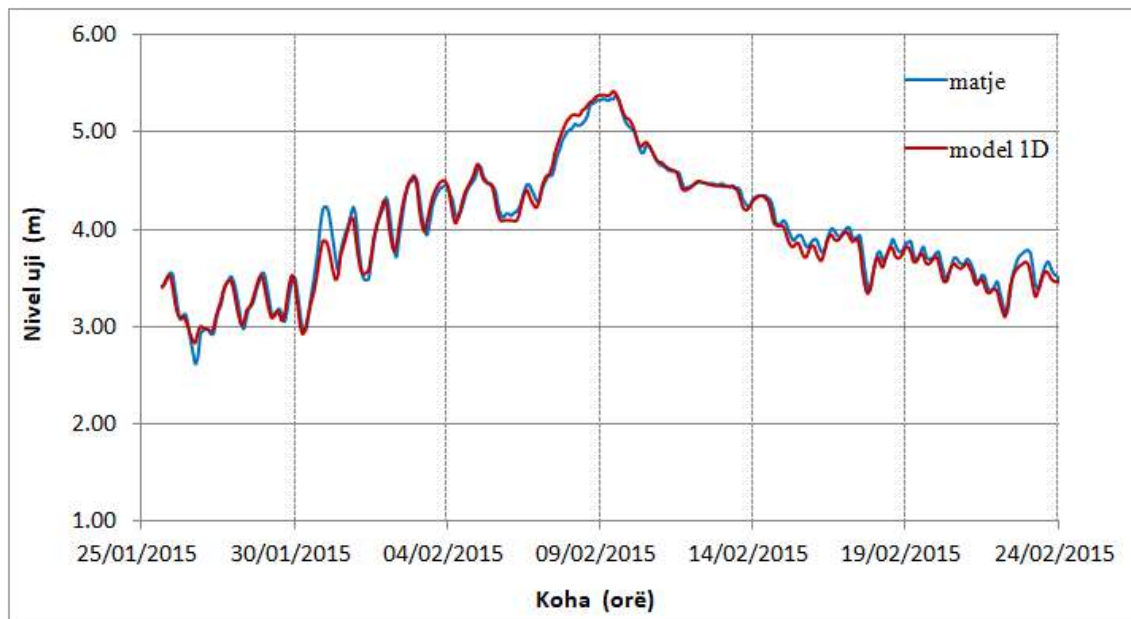
**Figura 4.11:** Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të ulëta

Në grafikun në figurën e mësipërme 4.11 vihet re në përgjithësi një përputhje e mirë midis niveleve të matura në stacionin e Dajçit dhe niveleve të ujit të simuluar prej modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK. Diferenca midis niveleve të ujit të simuluar kundrejt atyre të matura janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 10$  cm.

Analiza e gabimit për periudhën kohore të simulimit të rrjedhjes me nivele të ulëta bazuar në testet statistikore jepet më poshtë. Vlerat e gabimeve të modelit matematik 1D pas procesit të kalibrimit për rrjedhjen me nivele të ulëta janë: Koeficienti i Korrelacionit ( $R$ ) = 0.97, Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 7.0 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 5.6 cm. Këto vlera gabimi konsiderohen vlera të pranueshme.

#### 4.2.3 Analiza e performancës së modelit 1D për rrjedhjen me nivele të larta

Mbas dhjetra simulimesh, vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” sipas Manning-ut për shtratin kryesor ( $n_1$ ) dhe për anabrigjet ( $n_2$ ) janë aplikuar. Vlerat e niveleve të ujit në stacionin e Dajçit që rezultojnë nga simulimet për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015), paraqiten në grafikun në figurën 4.12. Këto nivele sigurojnë përputhjen më të mirë me nivelet e ujit të matura për kombinime të ndryshme të vlerave të koeficientit të ashpërsisë ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ).



**Figure 4.12:** Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të larta

Bazuar në krahasimet grafike në figurën 4.13 vihet re se nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 1D përafrojnë mirë nivelet e ujit të matur për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta. Diferenca midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 10\text{cm}$ . Kjo vlerë është një vlerë e pranueshme për modelet e përmytjeve.

Nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 1D për plotën e zgjedhur me kohëzgjatje rreth një muaj kanë një përputhje mjaft të mirë me të dhënat e matjeve. Rezultatet e modelit 1D duken se përafrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë nivelet e pikut të plotës.

Vlerat e gabimeve të modelit matematik 1D pas procesit të kalibrimit për periudhën e rrjedhjes së lartë janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 9.3 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 6.7 cm, dhe Koeficienti i Korrelacionit (R) = 0.98.

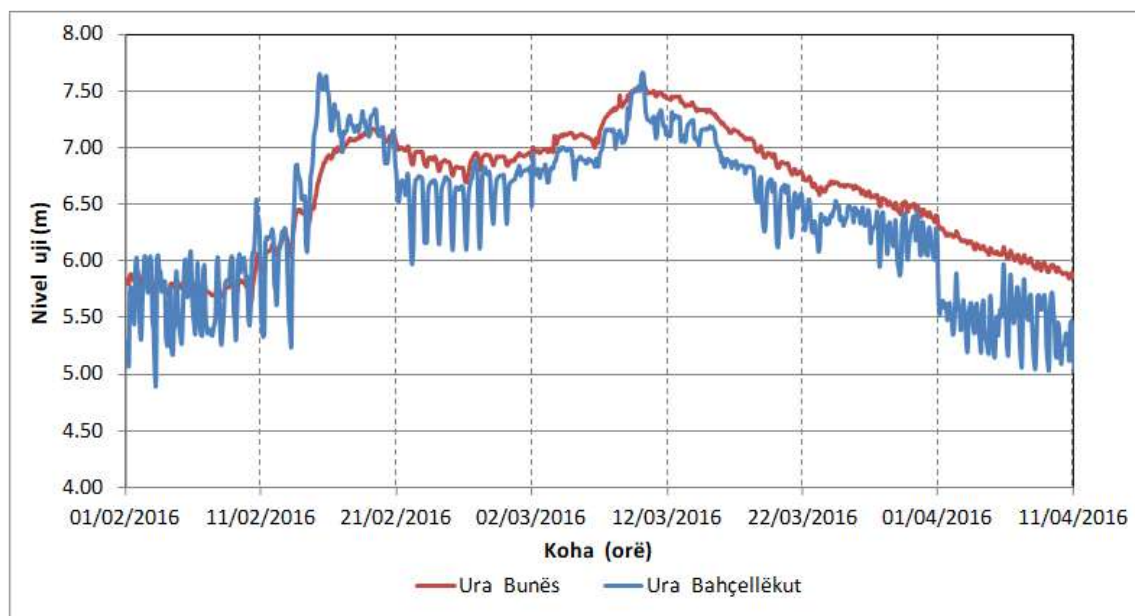
Vlerat e këtyre gabimeve tregojnë një performancë të mirë të modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK. Vlerat e gabimeve të modelit të zgjedhur për të vlerësuar performancën e modelit matematik në procesin e kalibrimit për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta janë mjaft të kënaqshme.

### 4.3 Validimi i modelit matematik 1Dimensional

Validimi i modelit matematik është një fazë shumë e rëndësishme në procesin e modelimit, e cila garanton besueshmërinë e modelit matematik të ndërtuar. Vlerat e koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” të pranuar në procesin e kalibrimit testohen në fazën e validimit. Në fazën e validimit modeli matematik testohet për një set të ri të dhënash që quhen të dhënat e validimit.

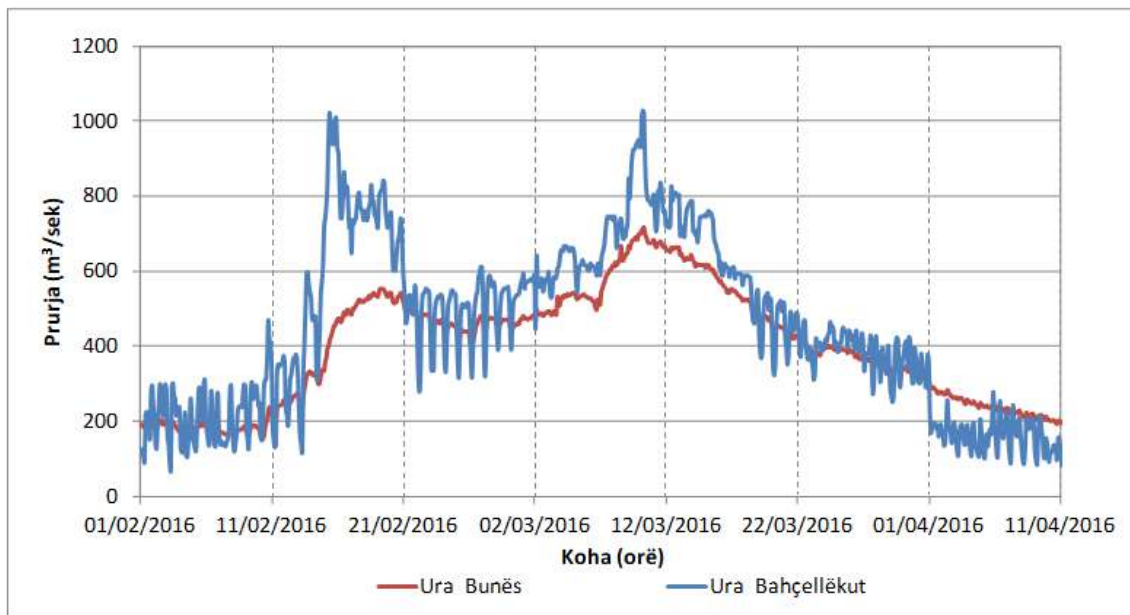
Për validimin e modelit matematik 1Dimensional është zgjedhur periudha kohore 01/02/2016 deri në 11/04/2016. Të dhënat e matjeve të nivelit të ujit nga stacionet automatike (Ura e Bunës– lumi Buna, Ura e Bahçellëkut– lumi Drin, Dajç– lumi Buna) janë analizuar për probleme të cilat përfshijnë mungesë të dhënash apo vlera të matura gabim. Mbas kontrollit dhe përpunimit të dhënave të niveleve të ujit orare janë përdorur për procesin e validimit të modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK.

Në figurën 4.13 paraqitet hidrografi i niveleve të matura në stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e validimit. Në grafikun në figurën 4.14 paraqiten hidrografët e prurjes të gjeneruar tek Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e validimit. Këto të dhëna janë përdorur si kusht kufitar i sipërm në modelin matematik 1D. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel uji në detin Adriatik në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe në Mal të Zi.



**Figura 4.13:** Hidrografët e niveleve të ujit për stacionet automatik në lumin Buna dhe Drin për periudhën e validimit





**Figura 4.14:** Hidrografët e prurjeve për stacionet automatik në lumin Buna dhe Drin për periudhën e validimit

### 4.3.1 Analiza e performances së modelit matematik 1D në fazën e validimit

Në fazën e validimit vlerat e kalibruara të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning ( $n_1$ ) për shtratin kryesor dhe ( $n_2$ ) për anabrigjet testohen sesa rezultatet e modelit i afrohen matjeve. Performanca e modelit matematik në fazën e validimit vlerësohet në bazë të krahasimeve grafike dhe testeve statistikore. Në vlerësimet grafike seria e vlerave të simuluar nga modeli matematik krahasohet me serinë e të dhënave të matura.

Në vlerësimin statistikor, rezultatet e modelit matematik në fazën e validimit analizohen në lidhje me kriteret statistikore. Ndër kriteret statistikore përmendim Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE – Root Mean Square Error), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE – Mean Absolute Error) dhe Koeficienti i Korrelacionit– R.

Në fazën e validimi të dhënat orare të matjeve të niveleve të ujit në stacionin e Dajçit janë krahasuar me rezultatet e niveleve të ujit të nxjerra nga modeli 1D. Në grafikun në figurën 4.15 paraqiten nivelet e ujit të simuluar në modelin matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit 01/02/2016 deri në 11/04/2016.



**Figura 4.15:** Nivelet e ujit të simuluar në modelin 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit

Bazuar në krahasimet grafike në figurën 4.15 vihet re se nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 1D përfrojnë mirë nivelet e ujit të matura për periudhën e validimit. Diferenca midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik 1D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 10$  cm.

Nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 1D për periudhën e validimit duken se përfrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë nivelet e pikut të plotës.

Vlerat e gabimeve të modelit matematik 1D në fazën e validimit janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 11.6 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 9.4 cm, dhe Koefficienti i Korrelacionit (R) = 0.97. Vlerat e këtyre gabimeve tregojnë një performancë të mirë të modelit matematik 1D të ndërtuar në softin SOBEK në fazën e validimit.

## KAPITULLI 5. NDËRTIMI I MODELIT MATEMATIK 2D PËR LUMIN BUNA

### 5.1 Ndërtimi i modelit matematik 2D në SOBEK

Për të ndërtuar modelin matematik 2Dimensional për Tërësinë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drini dhe Buna është përdorur moduli 2D FLOW në softin SOBEK i paraqitur në figurën 5.1. Të dhënat e nevojshme për të ndërtuar modelin matematik 2D në softin SOBEK janë: rrjeta 2Dimensionale e topografisë së terrenit, të dhënat hidrologjike dhe parametrat numerikë.

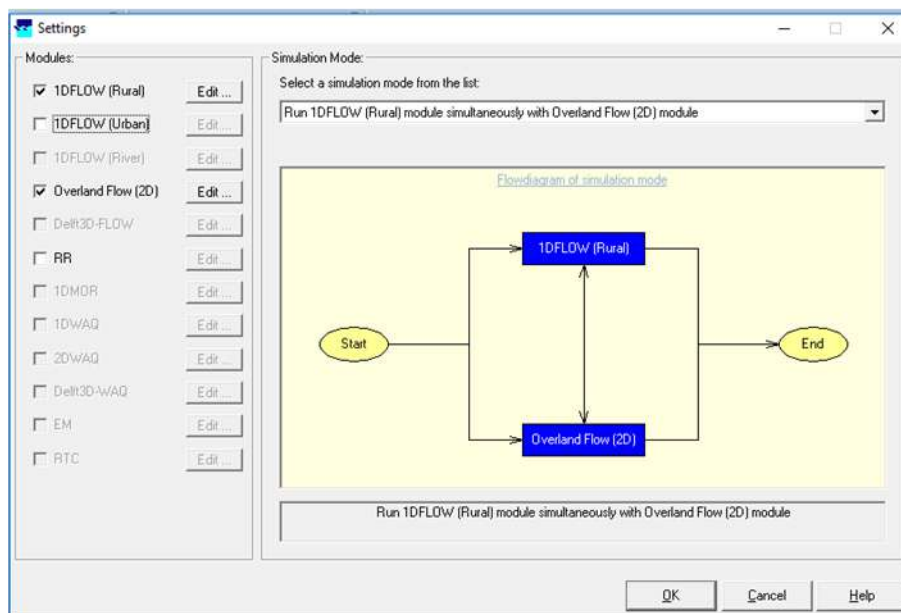


Figura 5.1: Moduli 2D FLOW në softin SOBEK

#### 5.1.1 Rrjeta 2Dimensionale e topografisë së terrenit

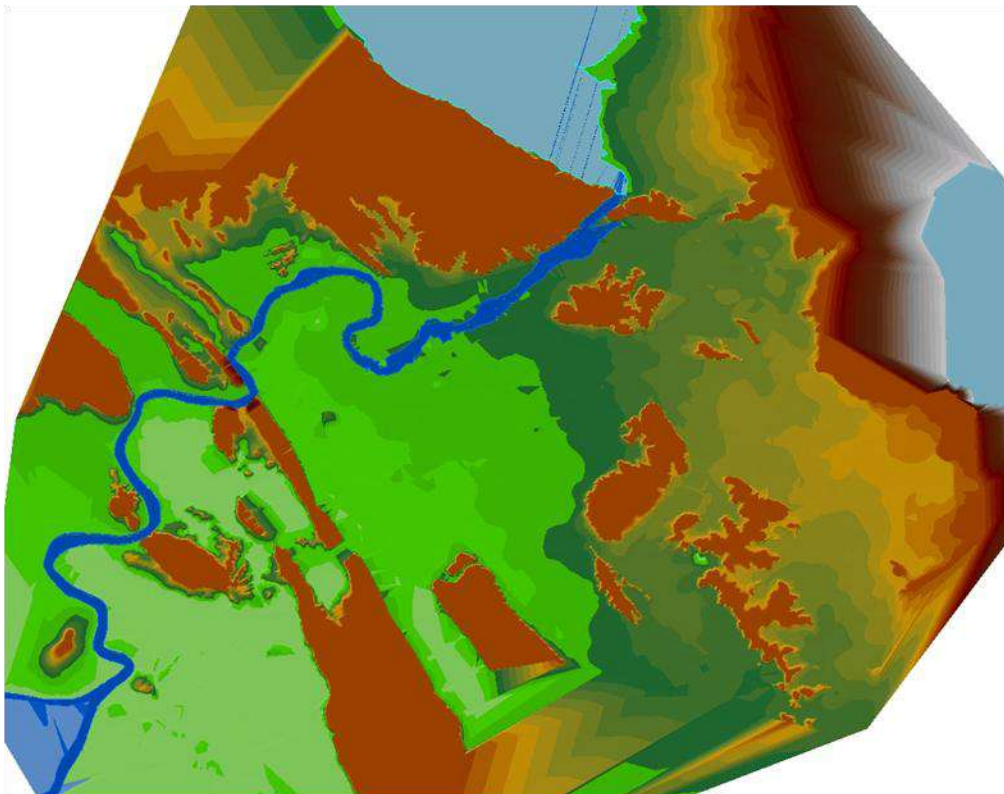
Një element i rëndësishëm në modelimin 2Dimensional të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna është rrjeta 2D e topografisë së terrenit. Rrjeta 2D e topografisë së terrenit bazohet në modelin dixhital të terrenit (DTM) të zonës në studim.

##### *Modeli dixhital i terrenit*

Për ndërtimin e modelit dixhital të terrenit (DTM) për zonën janë përdorur të dhënat e mëposhtme:

- Matjet topografike të seksioneve tërthorë të kryera në zonën e studimit në vitet 2005– 2006, nga Akademia e Shkencave të Shqipërisë dhe Akademia e Shkencave dhe Arteve të Malit të Zi (ASA & MASA, 2006).
- Harta topografike të rajonit në shkallë 1:10 000 ku përfshihen 43 harta topografike të dixhitalizuara.

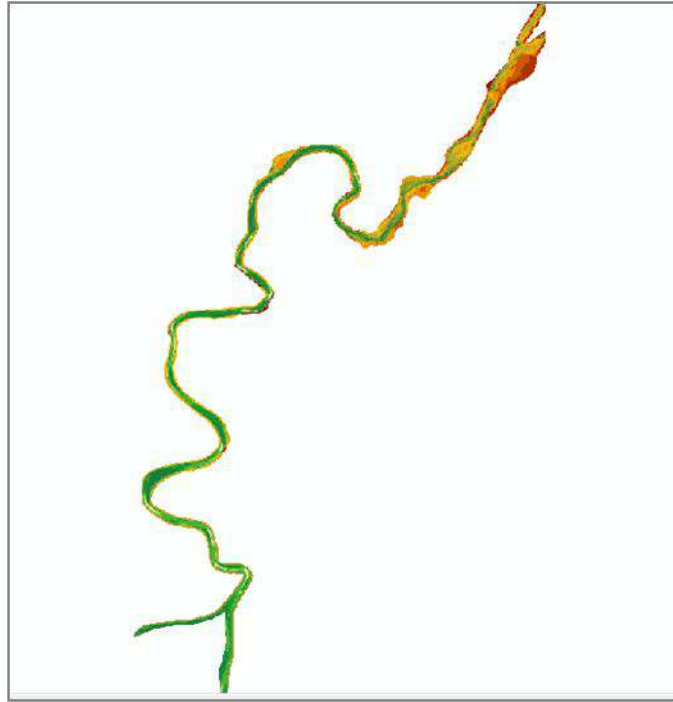
Të dhënat e përmëndura më sipër që u përdorën për ndërtimin e modelit dixhital të terrenit ishin në sistemet kordinative të vëndeve përkatëse. Këto të dhëna u transformuan dhe u gjeoreferuan në një sistem të vetëm koordinativ (World Geodetic System – WGS84, UTM Zone-34N). Matjet topografike të kryera nga pala shqiptare dhe ajo malazeze kishin koutë “zero” referimi të ndryshme. Për këtë arsye matjet e palës malazeze u transformuan në sistemin shqiptar të referimit duke iu shtuar vlerën +0.092 m sipas (Pandazi & Abazi, 2011) dhe (Kuka *et al.*, 2014). Në figurën 5.2 paraqitet modeli digital i terrenit bazuar në hartat dixhitale në shkallë 1:10 000 bazuar në (Pandazi & Abazi, 2011) dhe (Kuka *et al.*, 2014).



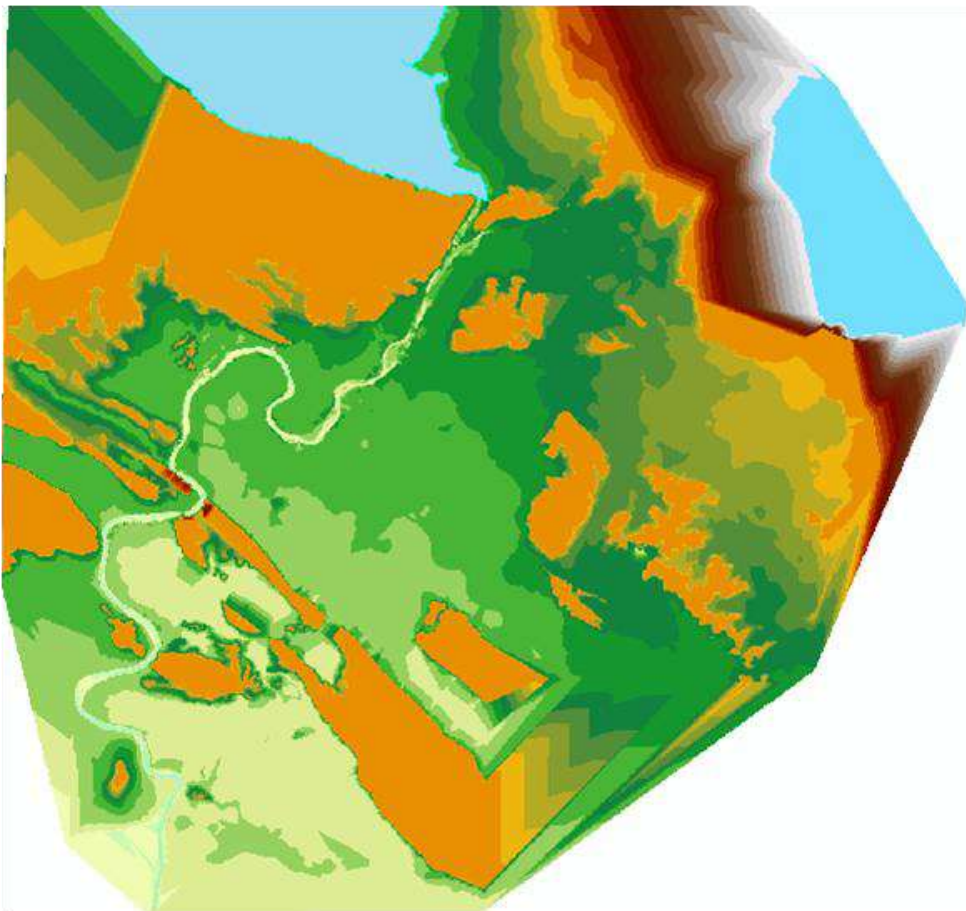
**Figura 5.2:** Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit paraprak të zonës në studim

Rrjeta drejtkëndore 2D e topografisë së terrenit për pjesën e shtratit të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin e gjeneruar duke u bazuar në matjet topografike të seksioneve tërthorë çdo 100 m nuk është shumë e saktë. Për këtë arsye pikat e matjeve janë interpoluar çdo 10 m bazuar në softin hidraulik 1D. Prej tyre është gjeneruar Modeli Dixhital i Terrenit për pjesën e shtratit të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin në softin ArcGIS, i cili është paraqitur në figurën 5.3.

Në figurën 5.4 paraqitet pamja e Modelit Dixhital të Terrenit të zonës së studimit ku janë integruar modeli Dixhital i Terrenit për shtratit e lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin i saktësuar (figura 5.3) me modelin e hartave dixhitale në shkallë 1:10 000 (figura 5.2). Ky model është përdorur për të gjeneruar rrjetën 2Dimensionale të topografisë së terrenit për zonën në studim duke përdorur softin ArcGIS.



**Figura 5.3:** Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit të saktësuar për pjesën brenda shtratit të lumit Buna dhe Drin



**Figura 5.4:** Pamje e Modelit Dixhital të Terrenit të zonës në studim të përdorur në modelin matematik 2D

### **5.1.2 Koeficienti i rezistencës në fërkim për zonën në studim**

Një tjetër element i rëndësishëm në modelimin 2D të Tërësisë Ujore të Liqenit të Shkodrës, Drinit dhe Bunës është rrjeta 2D e ashpërsisë. Rrjeta 2D e ashpërsisë bashkëshoqërohet me rrjetën 2D të topografisë së terrenit të zonës në studim.

Vlerat e koeficientit të ashpërsisë për rrjetën 2D që përdoret në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK përbëhen nga:

- vlerat e koeficientit të ashpërsisë për pjesën e fushës
- vlerat e koeficientit të ashpërsisë për shtratin e lumit Buna dhe pjesën e poshtme të lumit Drin

Në rastin e modelit matematik 2D të Tërësisë Ujore të Liqenit të Shkodrës, Drinit dhe Bunës është përdorur koeficienti i ashpërsisë sipas Manning. Pjesa e rrjetës 2D që përfshin shtratin e lumit Buna dhe pjesën e poshtme të Drinit përbëhet nga vlerat: ( $n_1$ ) koeficienti i ashpërsisë për qelizat e pjesës së shtratit kryesor dhe ( $n_2$ ) koeficienti i ashpërsisë për qelizat e pjesës së anabrigjeve. Fillimisht përcaktohet një vlerë paraprake e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ) bazuar në rekomandimet nga literatura. Më pas vlerat më të sakta të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning-ut përcaktohet në procesin e kalibrimit të modelit 2D.

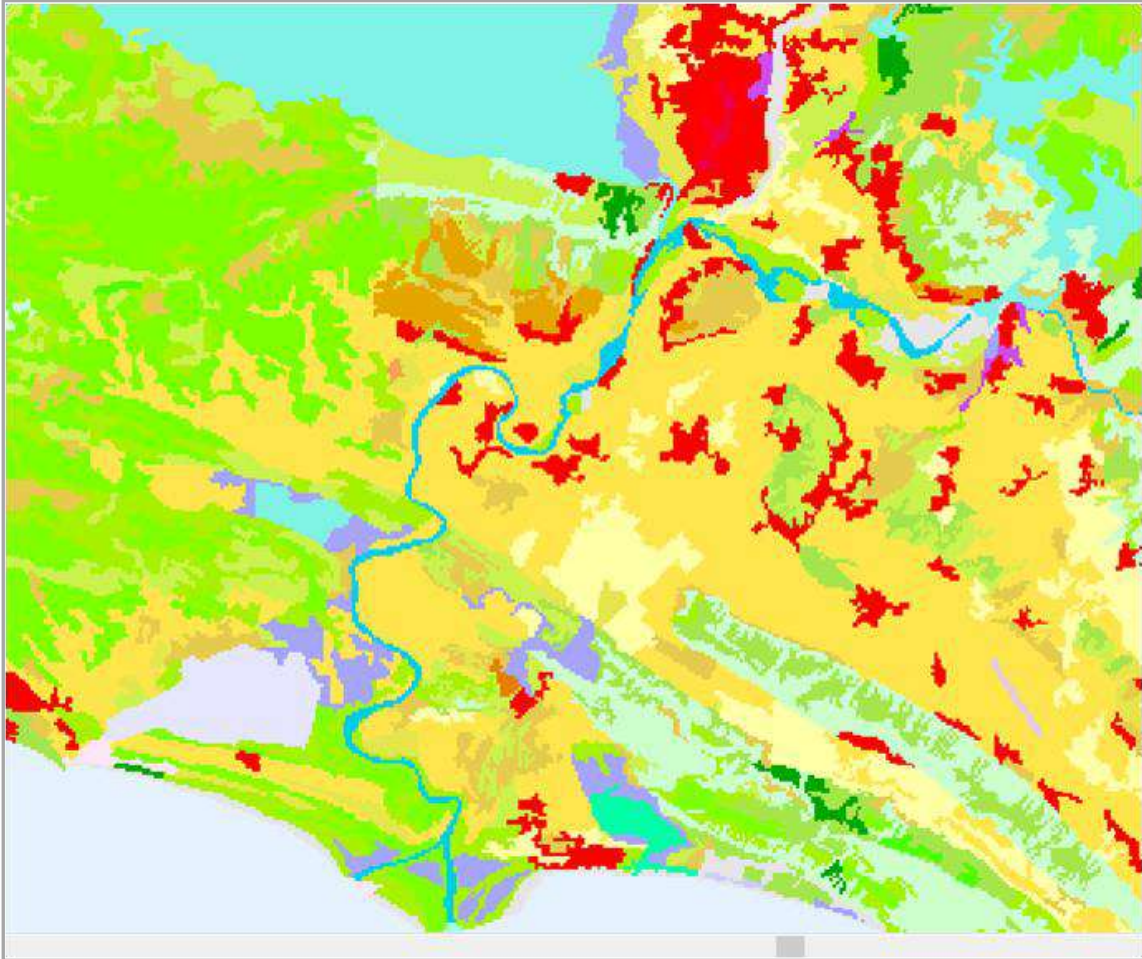
Vlerat e koeficientit të ashpërsisë për rrjetën 2D për zonën në studim jashtë shtratit të lumit bazohen në të dhënat e mbulesës së tokës sipas CORINE Land Cover 2012 database. Të dhënat e mbulesës së tokës të ruajtura në database CORINE Land Cover janë pjesë e projektit të Agjensisë Europiane të Mjedisit (EEA) dhe Komisionit Europian (EU) të implementuar në 39 shtete të Europës. Projekti CLC2012 është gjithashtu pjesë e Copernicus Land Monitoring Service të menaxhuar nga EEA dhe EC.

Të dhënat për mbulesën e tokës bazohen në imazhet satelitore të siguruara nga projekti IMAGE2012 si pjesë e projektit CLC2012. Imazhet satelitore të mbulesës së tokës janë siguruar nga satelitët SPOT-4/5 dhe IRS Resourcesat -1/2. Këto imazhe satelitore janë përpunuar dhe analizuar me anë të teknikës së analizës spektrale. Më pas është kryer integrimi dhe interpretimi i të dhënave satelitore duke përdorur harta topografike të detajuara dhe në disa raste dhe ortofoto. Produkti final janë hartat me shkallë 1:100 000 me klasat përkatëse të mbulesës së tokës, të cilat janë korrigjuar për sisteme të ndryshme kombëtare të projektimit.

Zgjedhja e shkallës (1:100 000) për hartën e mbulesës së tokës përfaqëson një kompromis midis kostos të prodhimit të hartave dhe nivelit të detajeve të informacionit të mbulimit të tokës (Heymann *et al.*, 1994). Produktet e mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database ishin të disponueshme në formatin Vector dhe Raster (100 m). Njësia minimale për hartat e mbulesës së tokës ishte 25 hektarë dhe gjerësi minimale e elementëve linear ishte 100 metra. Të gjitha ndryshimet në mbulesën e tokës nga viti 2006 deri në vitin 2012 me sipërfaqe >5 ha janë përfshirë në database-in e ri të vitit 2012.

Nomenklatura standarde e mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database përfshin 44 klasa. Sipas (Heymann *et al.*, 1994) dhe më pas të përpunuara nga (Feranec *et al.*, 2006) klasat e të dhënave të mbulesës së tokës janë grupuar në tre nivele hierarkie. Pesë

kategoritë kryesore të nivelit të parë janë: 1) sipërfaqet artificiale, 2) sipërfaqet bujqësore, 3) pyjet dhe zonat gjyësm - natyrore, 4) ligatinat, 5) trupat ujorë. Në figurën 5.5 paraqiten të dhënat e mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database, të shoqëruara me legjendën përkatëse në figurën 5.6.



**Figura 5.5:** Të dhënat e mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database për zonën në studim

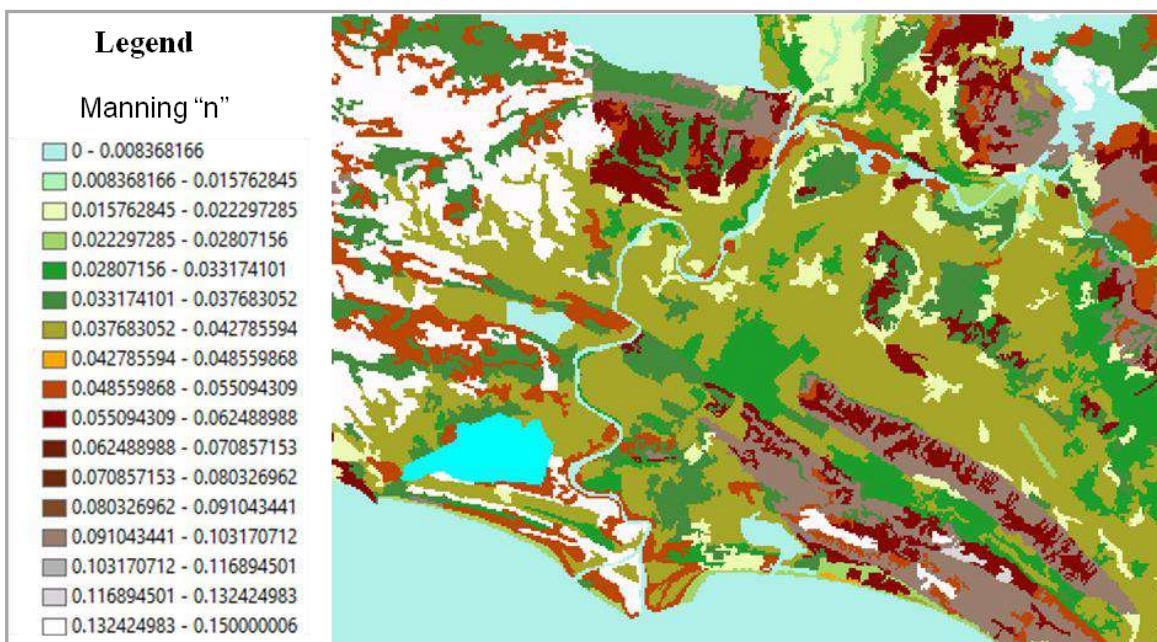


Figura 5.6: Legjenda e të dhënave të mbulesës së tokës sipas Corine Land Cover database



Për hartimin e rrjetës 2D të koeficientit të ashpërsisë për zonën në studim jashtë shtratit të lumit janë përdorur të dhënat e mbulesës së tokës sipas CORINE Land Cover 2012 database.

Çdo klase të mbulesës së tokës sipas CORINE Land Cover 2012 database i është asociuar një vlerë e caktuar e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning “ $n$ ”. Ky asocim është kryer duke u bazuar në tabelat dhe figurat e sugjeruara nga Ven Te Chow (Chow, 1959). Shpërndarja hapësinore e klasave të ndryshme të mbulesës së tokës e ruajtur në formatin ArcGIS rezultojnë në vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë në çdo qelizë të rrjetës 2D. Në figurën 5.7 është paraqitur rrjeta 2D e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning për zonën në studim. Rrjeta 2D e koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” ka të njëjtën madhësi qelize  $\Delta x = \Delta y$  si rrjeta e topografisë së terrenit.



**Figura 5.7:** Rrjeta 2D e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning “ $n$ ” e përdorur në modelin matematik 2D

### 5.1.3 Parametrat numerikë

Parametrat numerikë janë një tjetër element i rëndësishëm në ndërtimin e modeleve matematik 2D. Në rastin e modeleve 2D parametrat kryesorë numerikë janë: hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta x$  sipas drejtimit  $x$ , hapi i diskretizimit në hapësirë  $\Delta y$  sipas drejtimit  $y$  dhe hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$ . Këta parametra ndikojnë në saktësinë e zgjidhjes numerike të ekuacioneve 2Dimensionale të Saint-Venant.

#### *Hapi i diskretizimit në kohë*

Hapi i diskretizimit në kohë është një parametër i rëndësishëm që ndikon në saktësinë e rezultateve të modelit matematik. Hapi i diskretizimit në kohë  $\Delta t$  përdoret nga skema numerike Delft për llogaritjen e parametrave hidraulikë si: nivele uji, prurje dhe shpejtësitë e lëvizjes së ujit  $u$  në drejtimin  $x$  dhe  $v$  në drejtimin  $y$ , etj.

Softi SOBEK përdor një vlerësues automatik të hapit të lejuar të diskretizimit të kohës  $\Delta t_{lejuar}$ . Vlera e  $\Delta t_{lejuar}$  llogaritet nga softi SOBEK si minimum i vlerës që plotëson kushtin e numrit të Courant në drejtimet  $x$  dhe  $y$  të rrjedhjes. Softi redukton përkohësisht hapin  $\Delta t_{përdorues}$  (të përcaktuar nga përdoruesi në model) në kushte të caktuara të rrjedhjes. Nëse zgjidhja e ekuacioneve 2D të rrjedhjes për hapin  $\Delta t_{përdorues}$  çon në paqëndrueshmeri numerike ose thellësitë negative, atëherë hapi kohor  $\Delta t$  reduktohet nga softi SOBEK deri në vlerën  $\Delta t_{lejuar}$  (Deltares, 2013).

Në rastin e modelit matematik 2D për lumin Buna hapi i diskretizimit në kohë është zgjedhur  $\Delta t = 5$  minuta për të garantuar qëndrueshmërinë e zgjidhjes numerike.

### ***Hapi i diskretizimit në hapësirë***

Në rastin e skemës numerike Delft që aplikohet në Softin SOBEK për zgjidhjen e ekuacioneve 2D të Saint-Venant, hapi i diskretizimit në hapësirë përbëhet nga  $\Delta x$  dhe  $\Delta y$ . Ku  $\Delta x$  është madhësia e qelizës së rrjetës 2D në drejtimin  $x$  dhe  $\Delta y$  është madhësia e qelizës së rrjetës 2D në drejtimin  $y$ .

Me anë të skemës numerike Delft që përdoret në modulin 2D FLOW të softit SOBEK llogariten nivelet dhe thellësitë e ujit në mesin e qelizave të rrjetës 2D. Prujet dhe shpejtësitë e rrjedhjes së ujit llogariten në (konturet) faqet e qelizave 2D në drejtimet  $x$  dhe  $y$  të rrjedhjes.

Modelet 2D kërkojnë modele të sakta të terrenit (DTM). Cilësia e modelit varet nga disponueshmëria e të dhënave. Në rast se topografia e fushës së përmytjet është shumë e çrregullt dhe e ndryshueshme, nevojiten qeliza më të vogla për të patur një përfaqësim të saktë të terrenit. Sa më e vogël të jetë madhësia e qelizës së rrjetës 2D, aq më i saktë do të jetë modeli, por në anën tjetër numri i qelizave do të rritet. Rritja e numrit total të qelizave të rrjetës drejkëndore 2D, çon në një rritje të kohës së simulimit të modelit matematik 2D.

Duke u nisur nga të dhënat e topografisë së shtratit të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin, rezulton se ata kanë shtrat shumë të gjerë që varion mesatarisht nga 300– 600 m. Madhësia e qelizës së rrjetit 2D për shtratin e lumit dhe për fushën që përmytjet është zgjedhur  $\Delta x = \Delta y = 15$  m. Mbas provave të kryera me madhësi qelize më të madhe se 15 m ka rezultuar një kohë më e shkurtër simulimi, por rezultatet e modelit kanë qënë jo të sakta. Ndërsa një madhësi më e vogël se 15 m, çon në një rrjetë 2D me numër të madh qelizash. Ky numër i madh qelizash nuk mund të përballohet nga softi SOBEK, i cili në versionin aktual ka një numër maksimal të kufizuar të qelizave për të cilat mund të simulojë.

Softi SOBEK ofron mundësinë e përdorimit të teknikës së modelimit të kombinuar 1D/2D, ku rrjedhja e ujit në shtratin e lumit modelohet në 1D, ndërsa rrjedhja në fushë modelohet në 2D. Kjo teknikë modelimi është shumë efektive, sepse jep rezultate të sakta dhe redukton kohën e simulimit të modelit. Filozofia e modelimit 1D/2D në softin SOBEK bazohet në faktin që gjerësia e shtratit të lumit është më e vogël se qeliza e rrjetës 2D të terrenit. Kjo teknikë modelimi mund të aplikohet për lumenj relativisht të ngushtë me një fushë të gjerë që përmytjet. Kjo teknikë modelimi nuk mund të aplikohet për zonën në studim sepse lumi Buna dhe pjesa e poshtme e lumit Drin kanë një shtrat të gjerë, me seksion tërthorë që varion nga 300 m deri në 600 m.

## **5.2 Kalibrimi i modelit matematik 2Dimensional**

Një hap i rëndësishëm në procesin e ndërtimit të një modeli matematik është kalibrimi, i cili bën që një model të jetë i besueshëm për tu përdorur në të ardhmen për skenarë të ndryshëm. Qëllimi i procesit të kalibrimit është heqja e pasigurisë që qëndron në zgjedhjen e parametrave të modelit matematik duke përputhur rezultatet e llogaritura nga modeli me matjet në terren.

Kalibrimi i modelit matematik konsiston në përcaktimin e parametrave fizikë, ndër të cilët më i rëndësishëmi prej tyre është koeficienti i ashpërsisë. Kalibrimi i modelit matematik kryhet duke përshtatur parametrat e modelit në mënyrë që rezultatet e modelit (prurje apo nivele uji) të përputhen sa më afër vlerave të matura. Në përgjithësi të dhënat e matjeve të niveleve të ujit janë ndër të dhënat hidrologjike më të sakta. Për këtë arsye të dhënat e matjeve të niveleve të ujit janë përdorur në procesin e kalibrimit të modelit matematik.

Kalibrimi i modelit matematik 2Dimensional të ndërtuar në softin SOBEK është kryer sipas metodës tradicionale Trial-and-error. Sipas (Vidal *et al.*, 2007), kjo metodë bazohet në krahasimin e vlerave të llogaritura dhe vlerave të matura të niveleve të ujit dhe rregullimin manual të vlerave të parametrave të ashpërsisë " $n$ " sipas Manning në mënyrë që modeli të riprodhojë matjet në terren me një saktësi të pranueshme.

Përsa i përket koeficientit të ashpërsisë sipas Manning, një vlerë ( $n_1$ ) i është dhënë qelizave të rrjetës 2D që i përkasin pjesës së shtratit kryesor, dhe një vlerë ( $n_2$ ) qelizave të rrjetës 2D që i përkasin zonës së anabrigjeve.

Për një vlerësimin paraprak të vlerave të koeficientit të ashpërsisë ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ) sipas Manning, u përdorën tabelat dhe figurat e përpiluara nga Ven Te Chow (Chow, 1959). Këto tabela dhe figura japin një vlerësim të koeficientit të ashpërsisë " $n$ " të Manning duke u bazuar në karakteristikat e shtretërve të hapur. Këto vlera paraprake të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ) më pas janë saktësuar gjatë procesit të kalibrimit.

Për kalibrimin e modelit matematik zakonisht zgjidhen një numër ngjarjesh, të cilat janë komplementare me njëra-tjetrën në aspektin e parametrave të kalibrimit. Sipas (Verwey, 2001) "Kalibrimi i një modeli matematik të lumit zakonisht fillon me kalibrimin e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe përfundon me kalibrimin e ngjarjeve tipike". Kjo procedurë bën të mundur kalibrimin e koeficientit të ashpërsisë për shtratin e lumit dhe për fushën që përmytet.

Modeli matematik 2D i ndërtuar në softin SOBEK është kalibruar për seritë kohore të matjeve të nivelit të ujit në stacionet automatike të: Dajçit (lumi Buna), Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Bahçellëk (lumi Drin). Vendndodhja e stacioneve automatike on-line është paraqitur në figurën 4.6. Të dhënat e niveleve të ujit të stacioneve automatike të përdorura në procesin e kalibrimit kishin rezolucione të ndryshme kohore. Të dhënat e matjeve të nivelit të ujit nga stacionet automatike janë analizuar për probleme, të cilat përfshijnë mungesë të dhënash apo vlera të matura gabim. Mbas kontrollit dhe përpunimit të niveleve të ujit nga stacionet automatike, rezolucioni kohor orar është përdorur në procesin e kalibrimit. Rezolucioni kohor orar i niveleve të ujit nga stacionet automatike të përmendura më sipër bën të mundur një kalibrim të detajuar të modelit matematik 2Dimensional të ndërtuar në softin SOBEK.

Kalibrimi i modelit matematik 2D të ndërtuar për zonën në studim është kryer për regjimin e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe për regjimin e rrjedhjes me nivele të larta. Për rrjedhjen me nivele të ulëta është zgjedhur periudha kohore 6– 18 Nëntor 2014. Në figurën 4.8 paraqiten hidrografët e niveleve të ujit për rrjedhjen me nivele të ulëta në stacionet automatike: Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin). Në figurën 4.7 paraqiten hidrografët e prurjes të gjeneruar tek Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e niveleve të ulëta 06/11/2014– 18/11/2014. Këto të dhëna janë përdorur si kusht kufitar i sipërm në modelin matematik 2D. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel uji në detin Adriatik në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe në Mal të Zi.

Për të kalibruar modelin matematik 2D për regjimin e rrjedhjes me nivele të larta është përdorur një plotë karakteristike me kohëzgjatje rreth një muaj, e cila i përket periudhës 25 Janar – 24 Shkurt 2015. Në figurën 4.10 paraqitet hidrografi i niveleve të matura në stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta 25/01/2015 – 24/02/2015. Në figurën 4.9 paraqiten hidrografët e prurjes të gjeneruar tek Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e plotës. Këto të dhëna janë përdorur si kusht kufitar i sipërm në modelin matematik 2D. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel uji në detin Adriatik në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe në Mal të Zi.

### **5.2.1 Analiza e performances së modelit matematik 2Dimensional**

Sipas (Silgram & Schoumans, 2003) saktësia e modelit matematik përcaktohet si shkalla me të cilën vlerat e parashikuara të modelit i afrohen vlerave korresponduese të matura. Kriteret për të vlerësuar performancën e një modeli matematik përfshijnë kriteret statistikore dhe vlerësimet grafike. Në vlerësimet grafike seria e vlerave të simuluar nga modeli krahasohet me serinë e të dhënave të matura.

Në vlerësimin statistikor, rezultatet e modelit matematik në fazën e kalibrimit renditen në lidhje me kriteret statistikore. Kriteret statistikore që u përdorën për të vlerësuar modelin matematik 2D janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE – Root Mean Square Error), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE – Mean Absolute Error) dhe Koeficienti i Korrelacionit– R.

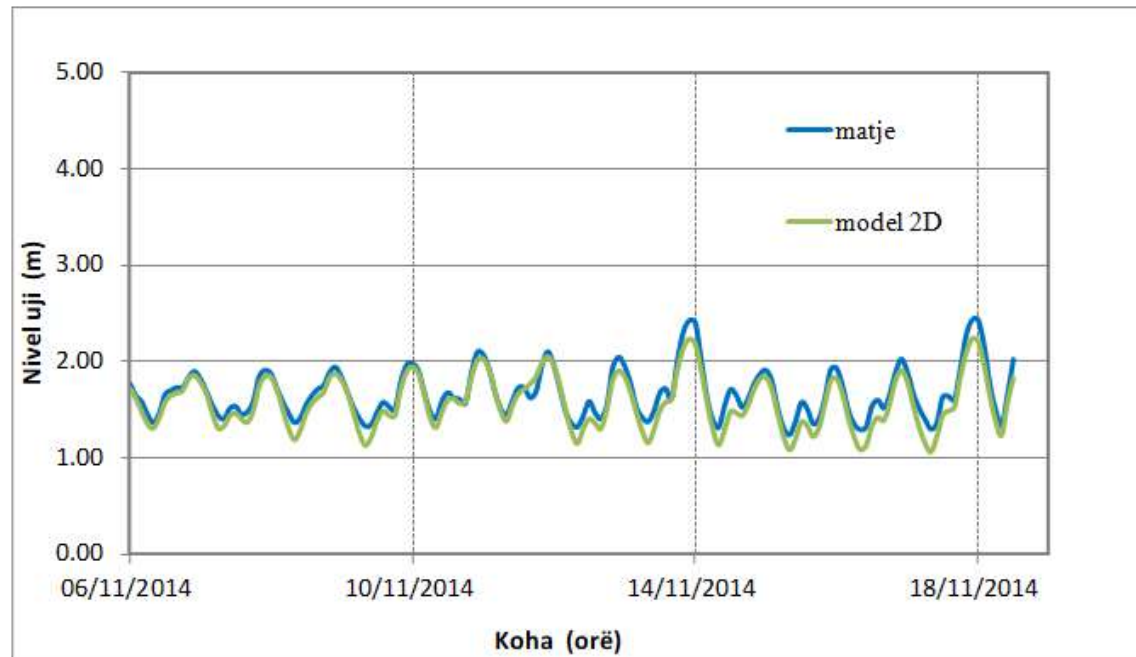
Nivelet e ujit të matura në stacionin automatik on-line të Dajçit (lumi Buna) janë përdorur për të vlerësuar performancën e modelit matematikë 2D, sepse ky është stacioni me të dhënat më konsistente dhe më të besueshme.

Të dhënat orare të matjeve të niveleve të ujit në stacionin e Dajçit janë krahasuar me rezultatet e niveleve të ujit të nxjerra nga modeli 2D i ndërtuar në softin SOBEK për koeficientë të ndryshëm ashpërsie. Kjo gjë bëhet për të gjetur koeficientët e ashpërsisë “*n*” sipas Manning që sigurojnë përputhjen më të mirë me matjet në terren në bazë të kriterëve statistikore dhe vlerësimeve grafike.

### **5.2.2 Analiza e performancës së modelit 2D për rrjedhjen me nivele të ulëta**

Mbas dhjetra simulimesh, janë aplikuar vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë “*n*” sipas Manning për qelizat që ndodhen në pjesën e shtratit kryesor ( $n_1$ ) dhe qelizat që ndodhen në pjesën e anabrigjeve ( $n_2$ ). Vlerat e niveleve të ujit në stacionin e Dajçit që

rezultojnë nga simulimet për periudhën e rrjedhës me nivele të ulëta (6– 18 Nëntor 2014) paraqiten në grafikun në figurën 5.8. Nivelet e ujit të paraqitur në grafikun në figurën 5.8 sigurojnë përputhjen më të mirë me nivelet e ujit të matura për kombinime të ndryshme të vlerave të koeficientit të ashpërsisë ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ).



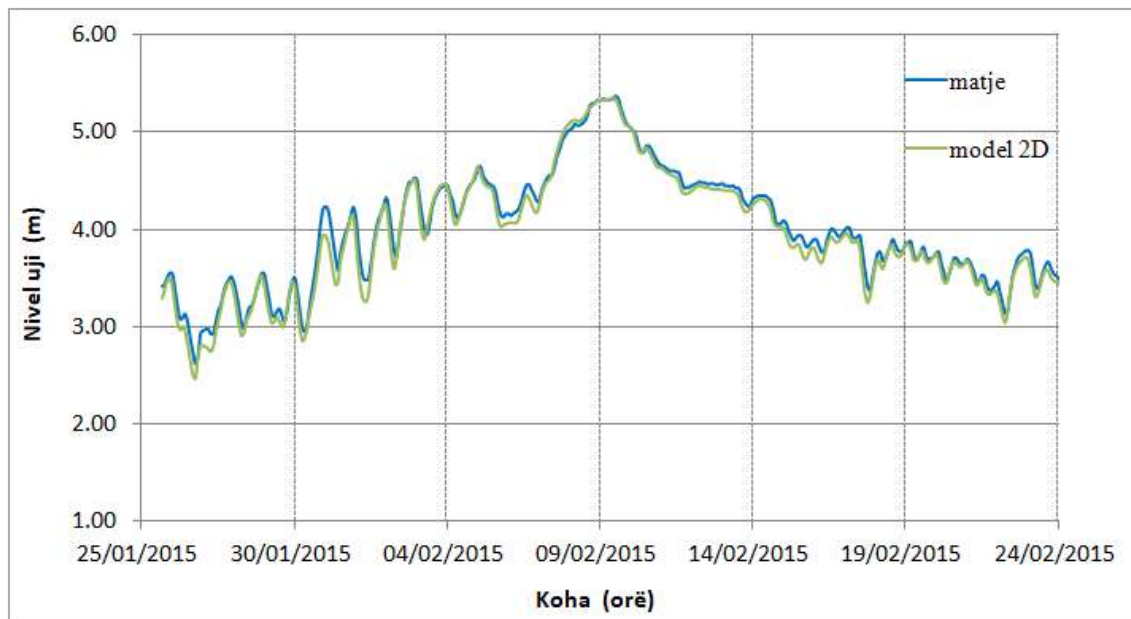
**Figura 5.8:** Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të ulëta

Ashtu siç mund të shihet prej grafikut të mësipërm, në përgjithësi ka një përputhje të mirë midis niveleve të matura në stacionin e Dajçit dhe niveleve të ujit të simuluar prej modelit 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Diferencat midis niveleve të ujit të simuluar kundrejt atyre të matura janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 10$  cm.

Analiza e gabimit për periudhën kohore të simulimit të rrjedhjes me nivele të ulëta bazuar në testet statistikore jepet më mëposhtë. Vlerat e gabimeve të modelit matematik 2D pas procesit të kalibrimit për rrjedhën e ulët janë Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 12.2 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 10.6 cm, dhe Koeficienti i Korrelacionit (R) = 0.96. Këto vlera gabimi konsiderohen vlera të pranueshme.

### 5.2.3 Analiza e performancës së modelit 2D për rrjedhjen me nivele të larta

Pas dhjetra simulimesh, janë aplikuar vlera të ndryshme të koeficientit të Manning-ut " $n$ " për qelizat që ndodhen në shtratin kryesor ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ) për qelizat që ndodhen në pjesën e anabrigjeve. Vlerat e niveleve të ujit në stacionin e Dajçit që rezultojnë nga simulimet për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015), paraqiten në figurën 5.9. Nivelet e ujit të paraqitur në grafikun në figurën 5.9 sigurojnë përputhjen më të mirë me nivelet e ujit të matura për kombinime të ndryshme të vlerave të koeficientit të ashpërsisë ( $n_1$ ) dhe ( $n_2$ ).



**Figura 5.9:** Nivelet e ujit të simuluar nga modeli 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për rrjedhjen me nivele të larta

Bazuar në krahasimet grafike për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta në grafikun në figurën 5.9, në përgjithësi ekziston një marrëdhënie e mirë midis niveleve të ujit të matur dhe atyre të simuluar nga modeli 2D i ndërtuar në SOBEK në stacionin e Dajçit.

Diferencat midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik 2D kundrejt atyre të matura janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 10$  cm. Kjo vlerë shmangiesh është një vlerë e pranueshme për modelet hidrodinamike.

Nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 2D për plotën e zgjedhur me kohëzgjatje rreth një muaj kanë një përputhje të mirë me të dhënat e matura nga stacioni automatik. Rezultatet e modelit 2D duken se përafrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë pak nivelet e pikut të plotës.

Vlerat e gabimeve të modelit matematik 2D pas procesit të kalibrimit për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 9.9 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 7.3 cm, dhe Koeficienti i Korrelacionit (R) = 0.98.

Vlerat e këtyre gabimeve tregojnë një performancë të mirë të modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Vlerat e gabimeve të modelit të zgjedhur për të vlerësuar performancën e modelit 2Dimensional në procesin e kalibrimit për periudhën e rrjedhjes së ulët dhe periudhën e rrjedhjes së lartë janë të kënaqshme.

### **5.3 Krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e kalibrimit**

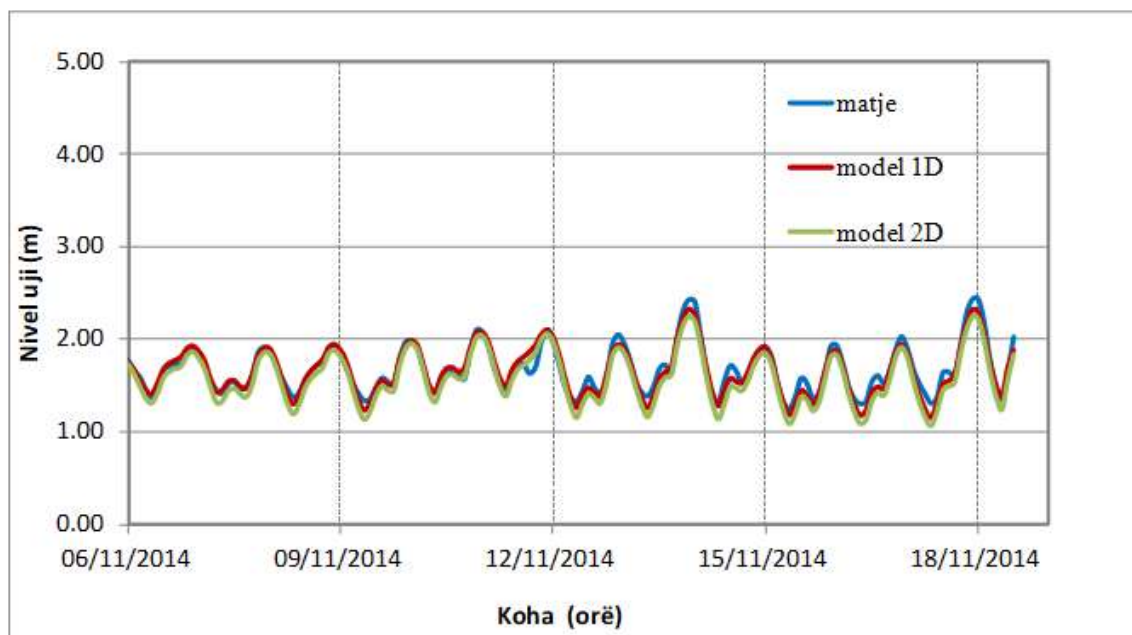
Kalibrimi i modelit matematik është një fazë shumë e rëndësishme në procesin e ndërtimit të një modeli. Kalibrimi i modelit matematik 1D dhe plotësisht 2D të ndërtuar

në softin SOBEK është kryer për rrjedhjen me nivele të ulëta dhe më pas për rrjedhjen me nivele të larta. Rezultatet e modeleve 1D dhe 2D janë krahasuar me njëri –tjetrin bazuar në vlerësimet grafike dhe testet statistikore. Kjo është kryer për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta për të vlerësuar performancën e tyre në fazën e kalibrimit.

### 5.3.1 Krahasimi i performancës së modeleve 1D kundrejt 2D për rrjedhjen me nivele të ulëta

Kalibrimi i modeleve matematik 1D dhe 2D është kryer fillimisht për rrjedhjen me nivele të ulëta, e cila i përket periudhës kohore 6– 18 nëntor 2014. Bazuar në kriteret statistikore dhe në paraqitjet grafike janë pranuar koeficientët e ashpërsisë sipas Manning  $n_1$  (për pjesën e shtratit kryesor) dhe  $n_2$  (për pjesën e anabrigjeve) në modelin 1D dhe në modelin 2D.

Këta koeficient ashpërsie  $n_1$  dhe  $n_2$ , të cilat janë të ndryshëm në modelin 1D nga ata në modelin 2D, sigurojnë pëputhjen më të mirë midis rezultateve të modelit matematik dhe matjeve. Në grafikun në figurën 5.10 janë paraqitur nivelet e ujit të llogaritura nga modelet matematik 1D dhe 2D të ndërtuara në softin SOBEK kundrejt niveleve orare të matura në stacionin automatik të Dajçit.



**Figura 5.10:** Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për rrjedhjes me nivele të ulëta

Bazuar në krahasimet grafike për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta, në përgjithësi ekziston një marrëdhënie e mirë midis niveleve të ujit të simuluar nga modelet 1D dhe 2D me nivelet e ujit të matura në stacionin e Dajçit (lumi Buna). Nivelet e ujit të llogaritura me anë të modelit matematik 1D kanë një përputhje më të mirë me nivelet e matura krahasuar me nivelet e llogaritura nga modeli 2D. Rezultatet e modelit 2D duket se nënvlerësojnë pak më shumë se modeli 1D nivelet e matura të ujit.

Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D të ndërtuara në softin SOBEK vlerësohet edhe nëpërmjet kriterëve statistikore. Në Tabelën 5.1 modelet renditen në lidhje me kriteret statistikore si: RMSE (Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit), MAE (Mesatarja e Gabimit Absolut) si dhe Koeficienti i Korrelacionit.

**Tabela 5.1** Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D gjatë kalibrimit të rrjedhjes me nivele të ulëta

<b>Kriteret Statistikore</b>	<b>Modeli 1D</b>	<b>Modeli 2D</b>
<b>RMSE</b>	7.0	12.2
<b>MAE</b>	5.6	10.6
<b>R</b>	0.97	0.96

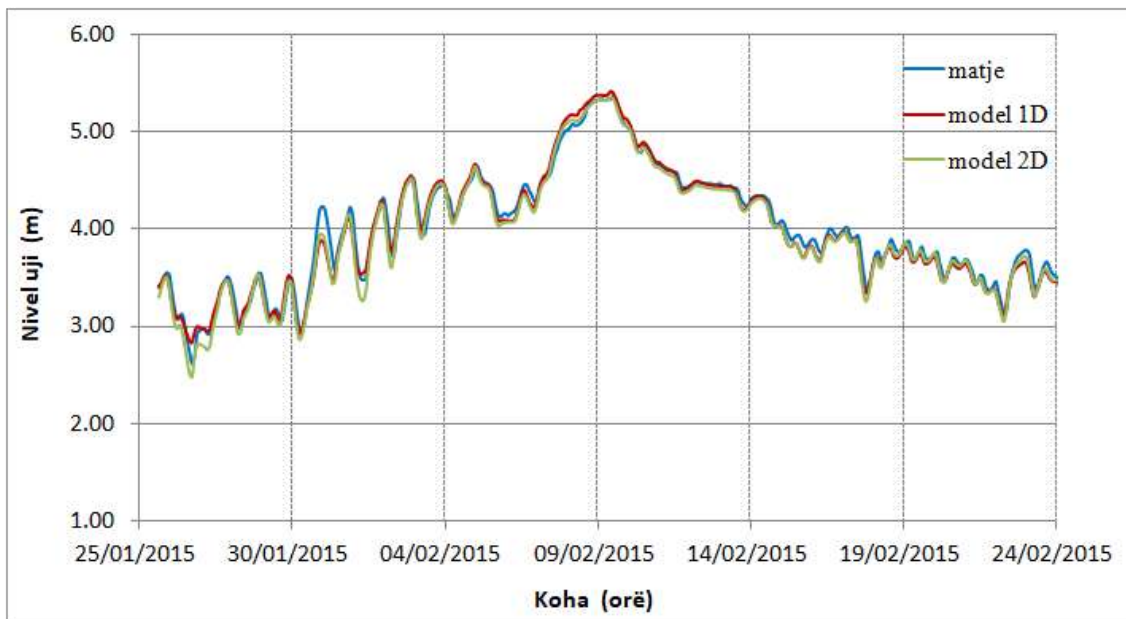
Bazuar në testet statistikore rezulton se: modeli matematik 1D performon më mirë se modeli 2D duke patur RMSE dhe MAE më të vogël dhe Koeficient Korrelacionit R pak më të lartë se modeli 2D. Modeli matematik 1D i ndërtuar në softin SOBEK performon më mirë se modeli 2D për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore.

### **5.3.2 Krahasimi i performancës së modeleve 1D kundrejt 2D për rrjedhjen me nivele të larta**

Kalibrimi i modeleve matematik 1D dhe 2D është kryer edhe për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta duke marrë në konsideratë një plotë një mujore që i përket periudhës (25 Janar – 24 Shkurt 2015). Bazuar në kriteret statistikore dhe në paraqitjet grafike janë pranuar koeficientët e ashpërsisë sipas Manning  $n_1$  (për pjesën e shtratit kryesor) dhe  $n_2$  (për pjesën anabrigjeve) në modelin 1D dhe në modelin 2D.

Këta koeficient ashpërsie  $n_1$  dhe  $n_2$ , të cilat janë të ndryshëm në modelin 1D nga ata në modelin 2D, sigurojnë pëputhjen më të mirë midis rezultateve të modelit matematik dhe matjeve për periudhën e plotës. Në grafikun në figurën 5.11 janë paraqitur nivelet e ujit të llogaritura me anë të modelit matematik 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK kundrejt niveleve orare të matura në stacionin e Dajçit.





**Figura 5.11:** Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për rrjedhjen me nivele të larta

Bazuar në krahasimet grafike për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (ujëshumë), në përgjithësi ekziston një marrëdhënie e mirë midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli 1D dhe 2D të ndërtuar në SOBEK me nivelet e ujit të matura në stacionin automatik të Dajçit (lumi Buna).

Rezultatet e modeleve matematik 1D dhe 2D duken se përfaqësojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë pak nivelet e pikut të plotës. Nivelet e ujit të llogaritura me anë të modelit 1D kanë një përputhje më të mirë me nivelet e matura krahasuar me nivelet e llogaritura nga modeli 2D.

Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D të ndërtuara në softin SOBEK vlerësohet edhe nëpërmjet kriterëve statistikore. Në Tabelën 5.2 modelet renditen në lidhje me kriteret statistikore si: RMSE (Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit), MAE (Mesatarja e Gabimit Absolut) si dhe Koeficienti i Korrelacionit.

**Tabela 5.2** Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D gjatë kalibrimit të rrjedhjes me nivele të larta

<b>Kriteret Statistikore</b>	<b>Model 1D</b>	<b>Model 2D</b>
<b>RMSE</b>	9.3	9.9
<b>MAE</b>	6.7	7.3
<b>R</b>	0.98	0.98

Përsa i përket kritereve statistikore: modeli matematik 1D performon më mirë se modeli 2D duke patur vlera më të vogla të RMSE dhe MAE. Modeli matematik 1Dimensional i ndërtuar në softin SOBEK performon më mirë se modeli 2Dimensional për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore.

Me qëllim që të sigurohet një model matematik më i saktë për lumin Buna, duhet të instalohen disa stacione të tjera monitorimi përgjatë rrjedhjes së lumit Buna. Të dhënat e niveleve të ujit prej këtyre stacioneve do të ndihmonin në përmirësimin e cilësisë së procesit të kalibrimit të modelit matematik.

## **5.4 Validimi i modelit matematik 2Dimensional**

Validimi i modelit matematik është një hap i rëndësishëm në procesin e modelimi të një sistemi ujqor. Sipas (ASME, 2006), validimi është procesi i përcaktimit të shkallës sesa një model matematik është një përafrim i saktë i botës reale nga prespektiva e përdoruesit të modelit. Mbasi modeli matematik kalibrohet ai validohet për një set të ri të dhënash të matura të ndryshme nga ato të përdorura në procesin e kalibrimit. Vlerat e kalibruara të koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” testohen në fazën e validimit të modelit me qëllim që modeli të jetë i besueshëm për tu përdorur në të ardhmen për skenarë të ndryshëm.

Në fazën e validimit të modelit matematik 2D është zgjedhur periudha kohore 01/02/2016 deri në 11/04/2016. Kjo periudhë është zgjedhur sepse rrjedhja e lumit shkon nga nivele të ulëta në nivele të larta. Të dhënat e matjeve të nivelit të ujit nga stacionet automatike Ura e Bunës (Lumi Buna), Ura e Bahçellëkut (lumi Drin), Dajç (lumi Buna) janë analizuar për probleme të cilat përfshijnë mungesë të dhënash apo vlera të matura gabim. Mbas kontrollit dhe përpunimit, të dhënat e niveleve të ujit orare janë përdorur në procesin e validimit të modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK.

Në grafikun në figurën 4.13 paraqitet hidrografi i niveleve të matura në stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e validimit. Në grafikun në figurën 4.14 paraqiten hidrografët e prurjes të gjeneruar tek Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e validimit. Këto të dhëna janë përdorur si kusht kufitar i sipërm në modelin matematik 2D. Kusht kufitar i poshtëm është përdorur hidrografi i nivelit të ujit në detin Adriatik në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe në Mal të Zi.

### **5.4.1 Analiza e performances së modelit matematik 2D në fazën e validimit**

Në fazën e validimit vlerat e kalibruara të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning ( $n_1$ ) për qelizat e rrjetës 2D që i përkasin pjesës së shtratit kryesor, dhe ( $n_2$ ) për qelizat e rrjetës 2D që i përkasin zonës së anabrigjeve) testohen sesa rezultatet e modelit i afrohen matjeve.

Performanca e modelit matematik 2D në fazën e validimit vlerësohet në bazë të krahasimeve grafike dhe testeve statistikore. Në vlerësimet grafike seria e vlerave të simuluar nga modeli matematik 2D krahasohet me serinë e të dhënave të matura.

Në vlerësimin statistikor, rezultatet e modelit matematik 2D në fazën e validimit analizohen në lidhje me kriteret statistikore. Ndër kriteret statistikore përmendim Rrënja

e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE – Root Mean Square Error), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE – Mean Absolute Error) dhe Koeficienti i Korrelacionit– R.

Në fazën e validimit të dhënat orare të matjeve të niveleve të ujit në stacionin e Dajçit janë krahasuar me rezultatet e niveleve të ujit të nxjerra nga modeli 2D. Në grafikun në figurën 5.12 parqiten nivelet e ujit të simuluar në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit 01/02/2016 deri në 11/04/2016.



**Figura 5.12:** Nivelet e ujit të simuluar në modelin matematik 2D kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit

Në grafikun në figurën 5.12 vihet re në përgjithësi një përputhje e mirë midis niveleve të matura në stacionin e Dajçit dhe niveleve të ujit të simuluar prej modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 2D për plotën e zgjedhur duken se përafrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë pak nivelet e pikut të plotës. Diferenca midis niveleve të ujit të simuluar kundrejt atyre të matura në fazën e validimit të modelit matematik 2D janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 15$  cm.

Analiza e gabimit për periudhën kohore të validimit bazuar në testet statistikore jepet më poshtë. Vlerat e gabimeve të modelit matematik 2D pas procesit të validimit janë: Koeficienti i Korrelacionit,  $R = 0.97$ , Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit,  $RMSE = 13.1$  cm, Mesatarja e Gabimit Absolut,  $MAE = 10.1$  cm. Këto vlera gabimi konsiderohen vlera të pranueshme dhe tregojnë një performancë të mirë të modelit matematik 2D në fazën e validimit.

## 5.5 Krahasimi i performancës së modelit 1D kundrejt modelit 2D në fazën e validimit

Validimi i modelit është procesi i cili siguron që modeli matematik paraqet sistemin real me një nivel të mjaftueshëm saktësie (Carson, 2002). Mbase modeli matematik është validuar ai mund të përdoret për të parashikuar sjelljen e një sistemi ujqor në kushte të reja.

Validimi i modelit matematik 1D dhe plotësisht 2D të ndërtuar në softin SOBEK është kryer për periudhën kohore 01/02/2016 deri në 11/04/2016. Rezultatet e modeleve 1D dhe 2D janë krahasuar me njëri-tjetrin bazuar në vlerësimet grafike dhe testet statistikore për periudhën kohore të zgjedhur. Në grafikun në figurën 5.13 janë paraqitur nivelet e ujit të llogaritura me anë të modelit matematik 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK kundrejt niveleve orare të matura në stacionin e Dajçit për periudhën e validimit.



**Figura 5.13:** Nivelet e matura të ujit në stacionin e Dajçit kundrejt atyre të llogaritura me anë të modelit 1D dhe 2D për periudhën validimit

Bazuar në krahasimet grafike në figurën 5.13 vihet re në përgjithësi një përputhje e mirë midis niveleve të ujit të simuluar prej modeleve matematik 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK dhe niveleve të matura në stacionin e Dajçit. Nivelet e ujit të simuluar nga modelet matematik 1D dhe 2D duken se përafrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por mbivlerësojnë nivelet e pikut të plotës (veçanarisht në pikun e dytë). Nivelet e ujit të llogaritura me anë të modelit 1D kanë një përputhje më të mirë me nivelet e matura krahasuar me nivelet e llogaritura nga modeli 2D (Abazi *et al.*, 2020).

Diferenca midis niveleve të ujit të simuluar kundrejt atyre të matura në fazën e validimit të modeleve matematik 1D dhe 2D janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 15$  cm, e cila është një vlerë e pranueshme. Performanca e modeleve matematik 1D dhe 2D të ndërtuara në softin SOBEK vlerësohet edhe nëpërmjet kriterëve statistikore. Në tabelën 5.3 modelet renditen në lidhje me kriteret statistikore si: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE), si dhe Koeficienti i Korrelacionit (R).

**Tabela 5.3** Performanca e modeleve matematikë 1D dhe 2D në fazën e validimit

<b>Kriteret Statistike</b>	<b>Modeli 1D</b>	<b>Modeli 2D</b>
<b>RMSE</b>	11.6	13.1
<b>MAE</b>	9.4	10.1
<b>R</b>	0.97	0.97

Përsa i përket kriterëve statistikore, modelet matematik 1D dhe 2D kanë vlera të kënaqshme të gabimeve. Modeli matematik 1D performon më mirë se modeli 2D duke patur vlera të RMSE dhe MAE më të vogla. Modeli matematik 1Dimensional i ndërtuar në softin SOBEK performon më mirë se modeli 2Dimensional për periudhën e validimit bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore mund të themi se modeli 1D performon më mirë se modeli 2D në fazën e validimit.

Modeli 1D performon më mirë se modeli 2D për rrjedhjen që ndodhet brenda shtratit kryesor dhe anabrigjeve për shkak se përshkruan më mirë topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë afërsisht çdo 100 m. Modeli matematik 2D për zonën në studim përdor rrjetën drejtkëndore me madhësi qelize 15 m. Kjo vlerë është zgjedhur sepse jep një përfaqësim të mirë të batimetrisë së shtratit të lumit dhe fushës që përmytet. Qeliza më të vogla do të bënin që modeli 2D të ishte më i saktë, por do të rrisnin numrin total të qelizave të rrjetës 2D. Kjo do të çonte në rritjen e kohës së simulimit dhe do të binte ndesh me kufizimet aktuale që ka softi me numrin total të qelizave që mund të përballojë gjatë simulimit.

Modeli 2Dimensional, edhe pse në të është përdorur një madhësi qelize relativisht e vogël prej 15 m, përsëri krijon një shtrembërim të topografisë reale të lumit sepse softi SOBEK përdor rrjetën drejtkëndore (jo të kurbëzuar). Rrjetat drejtkëndore 2D kanë probleme në përfaqësimin e formave komplekse të topografisë së shtratit të lumit. Në të kundërt, rrjetat e kurbëzuara 2D ndjekin më mirë shtratin e lumit dhe përfaqësojnë më mirë batimetrinë e shtratit të lumit. Instituti Deltares është duke testuar një rrjete të kurbëzuar e cila do të përfshihet në versionet e ardhëshme të softit SOBEK. Kjo gjë do të përmirësonte performancën e modelit 2Dimensional për pjesën e rrjedhjes brenda shtratit të lumit dhe anabrigjeve.

## KAPITULLI 6. NDIKIMI I LUMIT DRIN NË RRJEDHJEN E LUMIT BUNA

Lumi Drin është lumi më i gjatë dhe më i madhi në Shqipëri dhe në tërë bregdetin Adriatik të gadishullit të Ballkanit përsa i përket sipërfaqes ujëmbledhëse dhe prurjes (IHM,1985). Lumi Drin është një lumë, rrjedhja e të cilit është e rregulluar në sajë të ndërtimit të disa digave të ndërtuara përgjatë rrjedhjes. Kjo bën që rrjedhja e lumit Drin të influencohet nga operimi i digave të ndërtuara në të. Lumi Drin është një tributar që derdhet në lumin Buna 1.5 km mbas daljes së lumit Buna nga liqeni i Shkodrës. Me anë të modelit matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK është analizuar ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna, ku një rol të madh luan dhe nyja e bashkimit të lumit Drin dhe Buna.

### 6.1 Modelimi i rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve

Nyjet e bashkimit të lumenjve janë element të rëndësishëm në sistemet lumore. Ato karakterizohen nga ndryshime të mëdha të dinamikës së rrjedhjes së ujit, transportit të sedimenteve dhe morfologjisë së shtratit.

(Taylor, 1944) ishte ndër kërkuesit e parë që kreu studime teorike dhe eksperimentale në lidhje me regjimin e rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve. Në studimin e tij ai mori në konsideratë nyjet e bashkimit të rrjedhjes për kanale horizontal me gjerësi të njëjtë për këndet  $45^{\circ}$  dhe  $135^{\circ}$ . Ai analizoi dinamikën e rrjedhjes në nyjet e bashkimit duke u bazuar në ekuacionet e ruajtjes së masës dhe ruajtjes së momentit në 1D.

Më pas puna e tij u pasua dhe nga autorë të tjerë. Në vitin 1985, Best propozoi një model konceptual në lidhje me hidrodinamikën e rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve. Sipas (Best, 1985) rrjedhja në nyjet e bashkimit të lumenjve konceptualizohet me anë të modelit të paraqitur në figurën 6.1.

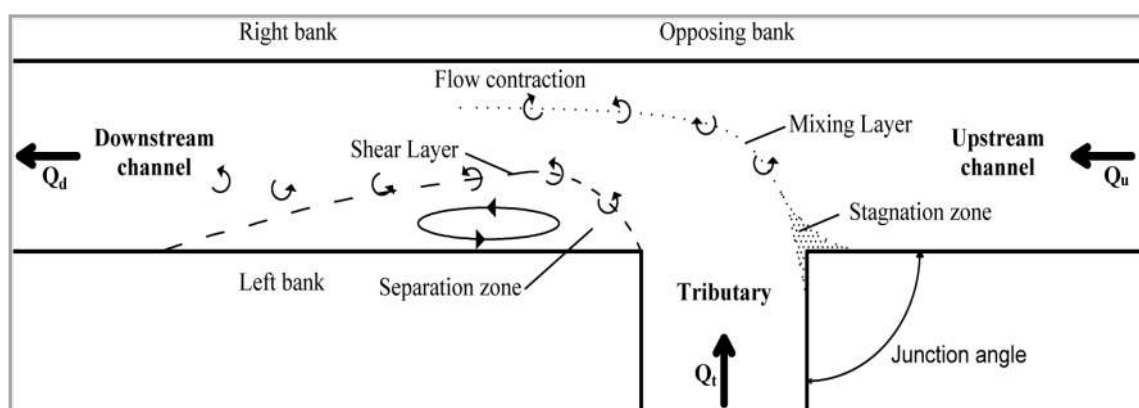


Figura 6.1: Modeli konceptual i dinamikës së rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve

Sipas modelit të konceptuar nga (Best, 1985) në nyjet e bashkimit të lumenjve dallohen elementët e mëposhtëm: zona e stanjacionit, zona e ndarjes, shtresa e përzierjes (miksimit), zona e ngushtimit të rrjedhjes dhe shtresa e tensioneve tangenciale. Në zonën ku lumi kryesor dhe dega e tij (tributari) takohen me njëri-tjetrin formohet një zonë stanjacioni, si rezultat i devijimit të rrymës (rrjedhjes) së ujit nga të dy lumenjtë në nyjen e bashkimit. Në zonën e stanjacionit shpejtësia e lëvizjes së ujit zvogëlohet, ndërsa thellësia e ujit rritet.

Ndryshimi i drejtimit të rrjedhjes së tributarit në nyjen e bashkimit bën të mundur krijimin e zonës së ndarjes së rrjedhjes. Në këtë zonë vihet re një shkëputje rrymës së ujit nga bregu i brendshëm i lumit, e cila çon në krijimin e rrjedhjeve riqarkulluese në planin horizontal (Best & Reid, 1984). Kjo zonë karakterizohet nga shpejtësi të vogla të rrjedhjes së ujit. Përmasat e zonës së ndarjes së rrjedhjes varen nga karakteristikat e rrjedhjes së ujit në lumin kryesor dhe tributarin.

Për shkak të zonës së ndarjes së rrjedhjeve, rryma e ujit në nyjen e bashkimit të lumit kryesor dhe tributarit kalon në një zonë më të ngushtë. Zona e ngushtuar e rrjedhjes karakterizohet nga shpejtësi të mëdha të lëvizjes së ujit. Nga autorë të ndryshëm kjo zonë quhet zona e shpejtësive maksimale. Përgjatë kontaktit të zonës së ndarjes së rrjedhjeve dhe zonës së ngushtimit të rrjedhjeve (zona e shpejtësive maksimale) formohet një shtresë me tensione tangenciale. Kjo shtresë karakterizohet nga turbulenca të mëdha sipas (Best & Reid, 1984).

Prej zonës së stanjacionit fillon të krijohet shtresa e përzierjes së rrjedhjeve, e cila formohet përgjatë vijës së rrymës që ndan rrjedhjen e ujit që vjen nga lumi kryesor dhe nga dega e tij. Në shtresën e përzierjes rrjedhja e ujit përshpejtohet, duke u karakterizuar nga gradient të mëdhenj të shpejtësisë (Mignot *et al.*, 2014). Shtresa e përzierjes së rrjedhjeve vepron dhe si një plan me tensione të mëdha tangenciale (plani i fërkimit). Kjo për shkak të diferencës së shpejtësive midis lumit kryesor dhe tributarit. Sipas autorëve (Best & Reid, 1984) kjo shtresë është gjithashtu burim i gjenerimit të turbulencave.

Shtresa e përzierjes të rrjedhjeve zhduket mbasi rrymat e ujit nga lumi kryesor dhe dega e tij janë përzierë plotësisht me njëra-tjetrën dhe gradientët e shpejtësisë së ujit bëhen të papërfillshëm. Mbas përzierjes dhe bashkimit të lumit kryesor dhe tributarit, rrjedha e ujit në pjesën e poshtme të lumit shtrihet në të gjithë gjerësinë e shtratit.

Analizimi i dinamikës së rrjedhjeve në nyjet e bashkimit të lumenjve është realizuar fillimisht duke u bazuar në ekuacionet e ruajtjes së masës dhe ruajtjes së momentit në 1D. Autorë të ndryshëm si (Taylor, 1944) dhe (Webber & Greated, 1966) kanë aplikuar ekuacionet e lëvizjes 1D në modelet e tyre teorike. (Webber & Greated, 1966) vunë re me anë të eksperimenteve të ndryshme pasaktësi në modelet e tyre teorike në rastet kur rrjedhja nga tributari fillonte të bëhej dominante. Autorët (Ghostine *et al.*, 2012) krahasuan modelet matematikë 1D dhe 2D në nyjet e bashkimit të rrjedhjeve me rezultatet e eksperimenteve. Eksperimentet e tyre treguan përmirësim të dukshëm të rezultateve të modelit matematik 2D në krahasim me modelin matematik 1D.

Rrjedha në nyjet e bashkimit të lumenjve është 3Dimensionale dhe shpesh karakterizohet nga prezenca e lëvizjeve spirale, të studiuara nga autorë të ndryshëm. Studimet nga autorë të ndryshëm si (Sukhodolov & Rhoads, 2001) tregojnë se karakteristikat 3Dimensionale të rrjedhjes shtohen në rastet kur rrjedhja nga tributari bëhet dominante. Kjo bën që aplikimi i modeleve 1Dimensional në studimin e hidrodinamikës së rrjedhjes në nyjet e bashkimit të jetë i kufizuar.

Hidrodinamika në nyjet e bashkimit të rrjedhjeve varet nga faktorë të ndryshëm. Ndër më kryesorët janë: prurjet dhe raporti i prurjeve ndërmjet lumit kryesor dhe tributarit (raporti i prurjeve  $q = Q_{\text{kryesor}} / Q_{\text{tributar}}$ ). Faktorë të tjerë të rëndësishëm janë: këndi i bashkimit të rrjedhjeve, topografia e shtratit në nyjen e bashkimit dhe koeficienti i ashpërsisë së shtratit.

Raporti i prurjeve ndërmjet lumit kryesor dhe tributarit  $q = Q_{\text{kryesor}} / Q_{\text{tributar}}$  është faktori kryesor që ndikon në lëvizjen e ujit në nyjet e bashkimit të lumenjve. Nivelet dhe shpejtësitë e ujit në lumin kryesor dhe tributarin janë funksion jo vetëm i prurjeve respektive por dhe i raportit të prurjeve  $q$ .

## **6.2 Modelimi i rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin**

Për të analizuar dinamikën e rrjedhjes në nyjen e bashkimit të lumit Buna me lumin Drin është përdorur modeli 2D i ndërtuar në softin SOBEK. Me anë të modelit 2D bëhet e mundur paraqitja e saktë e topografisë së shtratit në nyjen e bashkimit të lumit Drin dhe Buna, këndit të bashkimit të lumenjve Buna e Drin, si dhe koeficientit të ashpërsisë së shtratit.

Në studim është marrë plota e Janar– Shkurt 2015, nga e cila janë veçuar tre raporte të ndryshme prurjesh  $q = Q_{\text{Buna}} / Q_{\text{Drini}}$ . Këto raporte prurjesh janë marrë për vlerat  $q > 1$ ,  $q \cong 1$ , dhe  $q < 1$ . Me anën e këtyre tre raporteve të prurjeve bëhet e mundur analizimi i dinamikës së rrjedhjes në nyjen e bashkimit për rastin kur rrjedhja nga lumi kryesor është më e madhe ( $q > 1$ ), rastin kur rrjedhja nga lumi kryesor është e përafërt me rrjedhjen nga tributari ( $q \cong 1$ ), dhe rastin kur rrjedhja nga tributari është më e madhe ( $q < 1$ ).

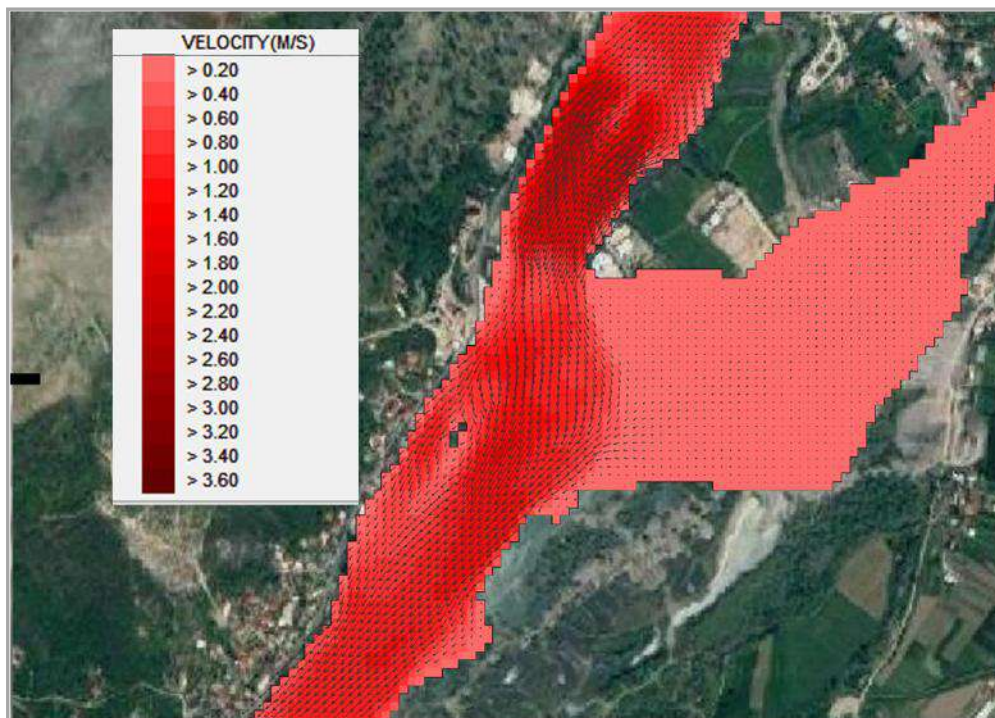
Rezultatet e modelit matematik 2Dimensional bazohen në plotën hyrëse të Janar– Shkurt 2015 në lumin Buna dhe lumin Drin si kushte kufitare. Ndërsa si kushte fillestare janë përdorur nivelet e ujit në Urën e Bunës dhe në Urën e Bahçellëkut të marrë nga të dhënat orare të stacioneve automatike online. Këto nivele uji kanë një ndikim të konsiderueshëm në rezultatet e modelit matematik 2D për zonën në studim. Në figurën 6.2 jepet një pamje e nyjes së bashkimit të lumit Buna dhe Drin.



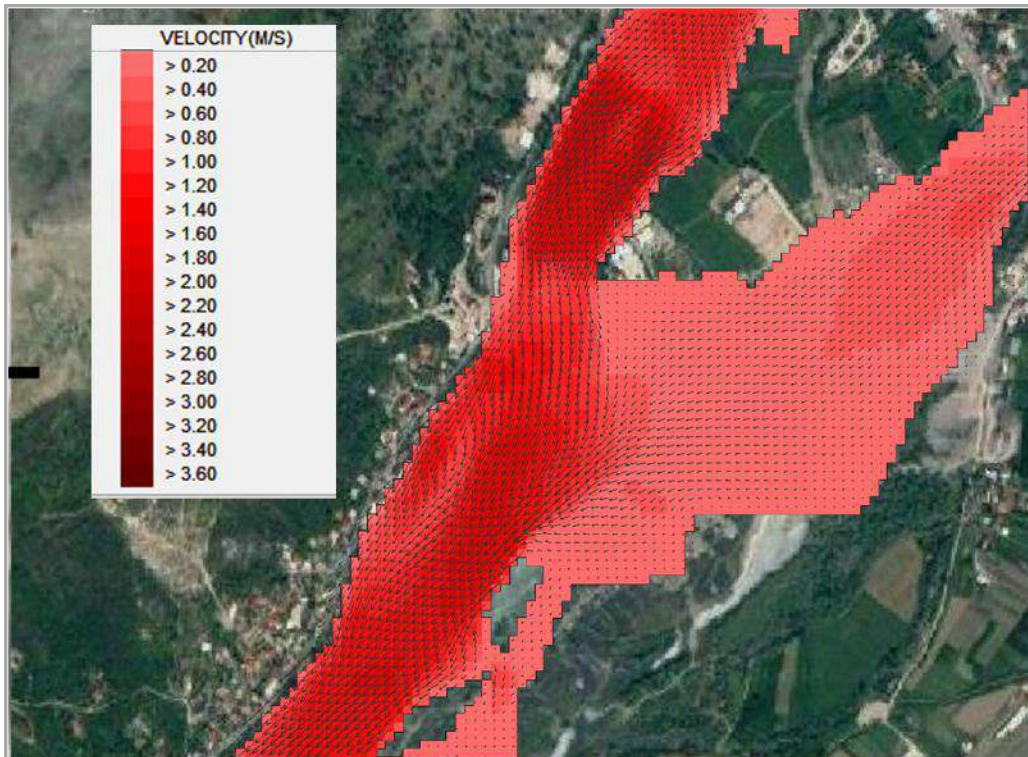


**Figura 6.2:** Pamje e nyjes së bashkimit të lumit Buna dhe Drin

Në figurën 6.3 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q > 1$  për prurje të vogla që vijnë nga Buna dhe Drini. Në figurën 6.4 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q > 1$  për prurje të mëdha që vijnë nga Buna dhe Drini.



**Figura 6.3:** Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q > 1$ , prurje hyrëse të vogla



**Figura 6.4:** Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q > 1$ , prurje hyrëse të mëdha

Në figurat e mësipërme 6.3 dhe 6.4 prurja që vjen nga lumi Buna është më e madhe se ajo që vjen nga Drini. Në këto figura dallohet: një zonë me shpejtësi të mëdha para nyjes së bashkimit të rrjedhjeve në lumin Buna, zona e stacionit me shpejtësi të vogla në nyjen e bashkimit të rrjedhjeve, më pas zona me shpejtësi të mëdha e ngushtimit të rrjedhjes pas nyjes së bashkimit të rrjedhjeve të lumit Buna dhe Drin, si dhe zona e ndarjes së rrjedhjes. Për shkak të shpejtësive të mëdha të ardhjes së ujit nga lumi Buna, rrjedha e lumit Buna hyn në nyjen e bashkimit me forcë më të madhe dhe shtyn rrjedhjen e ujit prej lumit Drin në bregun e brendshëm. Kjo bën që të dallohet qartë dhe pozicioni i shtresës së përzierjes së rrjedhjeve, e cila ndodhet e spostuar në drejtim të lumit Drin.

Në figurën 6.5 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q \cong 1$  për prurje të vogla që vijnë nga Buna dhe Drini. Në figurën 6.6 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q \cong 1$  për prurje të mëdha që vijnë nga Buna dhe Drini.

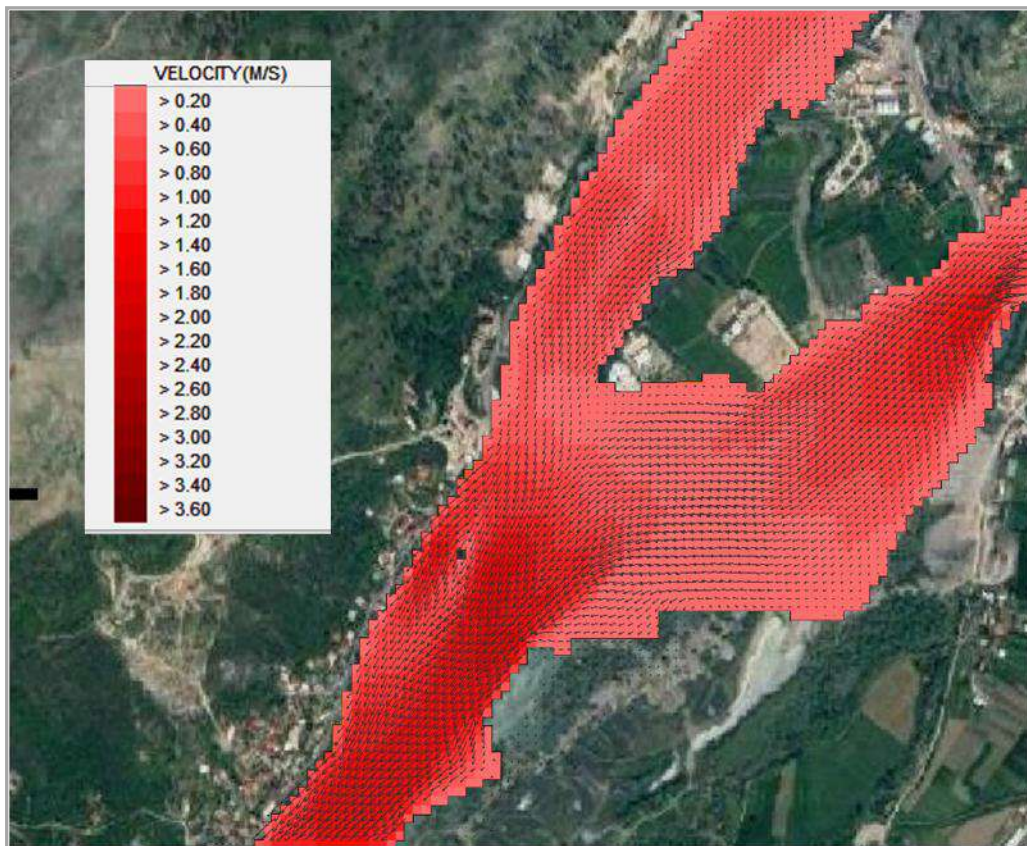


Figura 6.5: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q \cong 1$ , prurje hyrëse të vogla

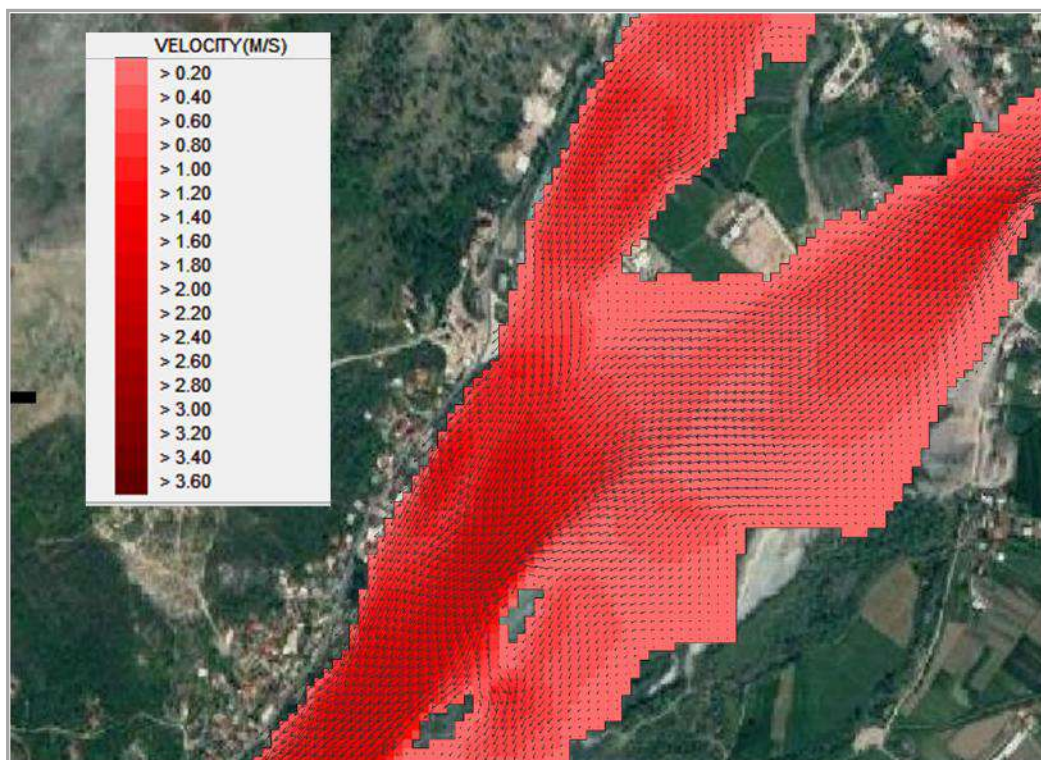
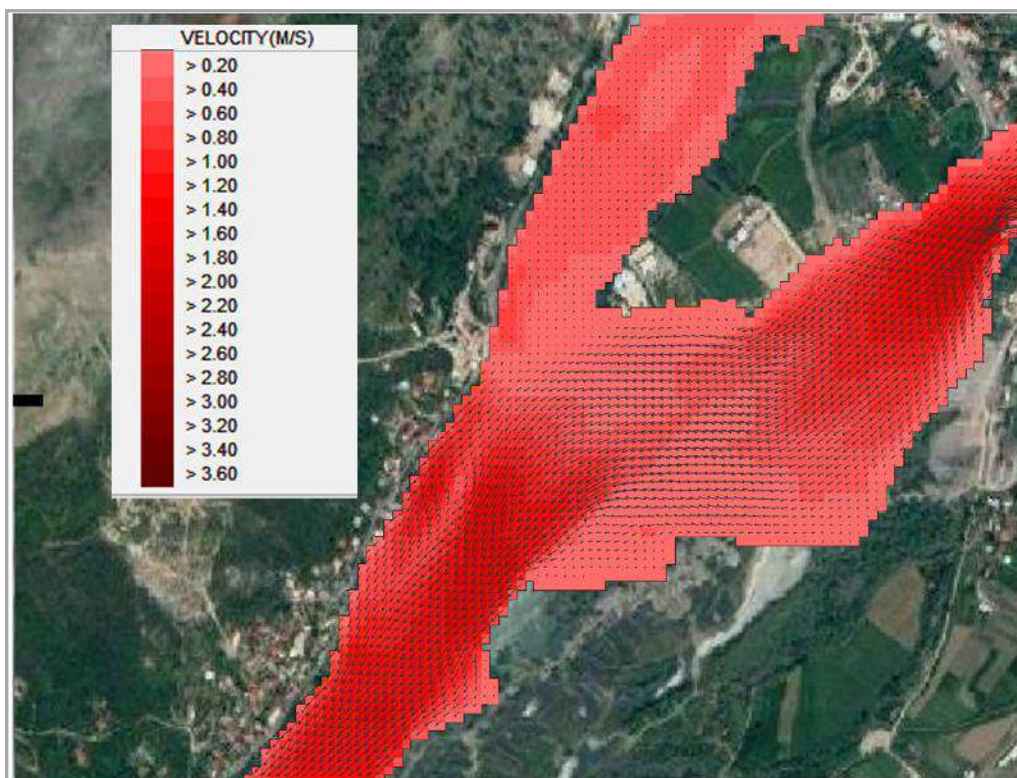


Figura 6.6: Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q \cong 1$ , prurje hyrëse të mëdha

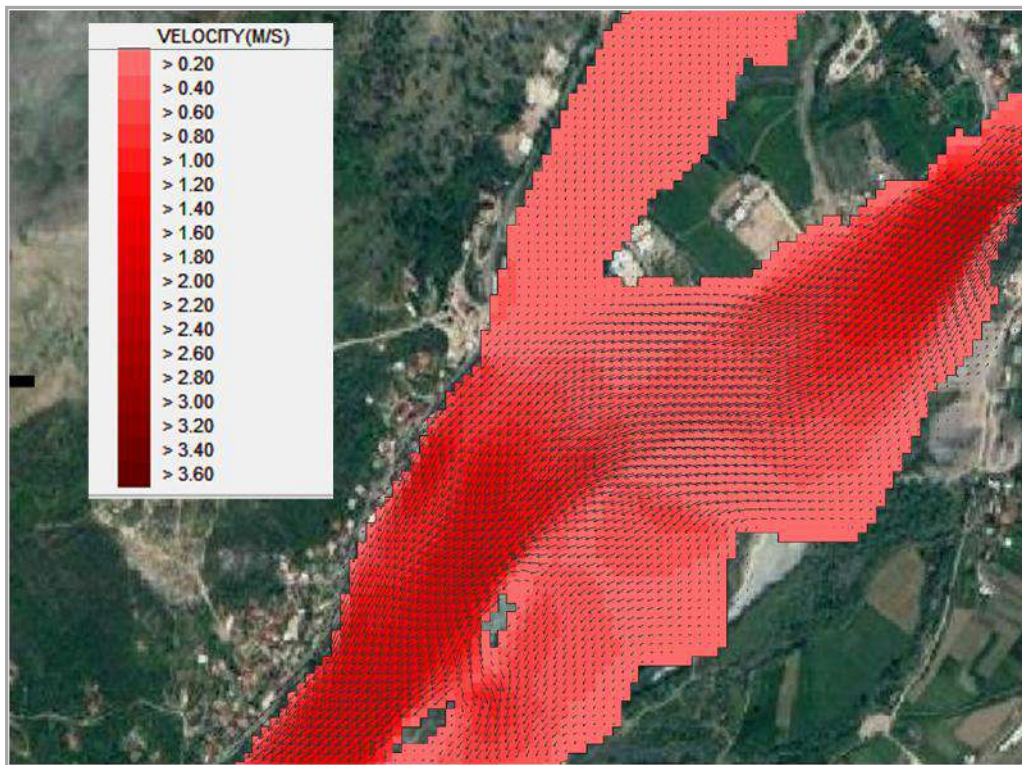
Në figurat 6.5 dhe 6.6 prurja që vjen nga lumi Buna është e përafërt me prurjen që vjen nga Drini. Në këto figura dallohen: zona e stanjacionit me shpejtësi të vogla në nyjen e bashkimit të rrjedhjeve, më pas zona me shpejtësi të mëdha e ngushtimit të rrjedhjes pas nyjes së bashkimit të rrjedhjeve të lumit Buna dhe Drin, si dhe zona e ndarjes së rrjedhjes. Në figurat e mësipërme 6.5 dhe 6.6 vihet re se pozicioni i shtresës së përzierjes së rrjedhjeve është pak a shumë i baraslarguar ndërmjet brigjeve për shkak të shpejtësive të përafërta të ardhjes së ujit nga lumi Buna dhe lumi Drin në nyjen e bashkimit.

Në figurën 6.7 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q < 1$  për prurje të vogla që vijnë nga Buna dhe Drini. Në figurën 6.8 paraqitet fusha e vektorëve të shpejtësive në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportin e prurjes  $q < 1$  për prurje të mëdha që vijnë nga Buna dhe Drini.

Në rastin kur raporti i prurjeve është  $q < 1$ , prurja nga lumi Drin rritet duke bërë që rrjedhja nga lumi Drin të bëhet dominante. Bazuar në rezultatet e modelit 2Dimensional të ndërtuar në softin SOBEK, në rastin e  $q < 1$  vihen re karakteristika të ndryshme të rrjedhjes në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin në dallim me raportet e tjera të prurjeve. Në këtë rast prurja nga lumi Drin është më e madhe se prurja që vjen nga Buna. Për shkak të shpejtësive të mëdha të ardhjes së ujit nga lumi Drin, rrjedhja e lumit Drin hyn në nyjen e bashkimit me forcë më të madhe dhe shtyn rrjedhjen e ujit prej lumit Buna në bregun e jashtëm. Kjo çon në shpejtësi të vogla në pjesën e lumit Buna para nyjes së bashkimit. Vihet re gjithashtu një spostim i shtresës së miksimit të rrjedhjeve në drejtim të lumit Buna. Në figurën 6.7 dhe 6.8 vihet re se zona e ndarjes së rrjedhjeve në bregun e brendshëm që karakterizohet nga shpejtësi të vogla të rritet në dimensione në krahasim me rastet e tjera të raportit të prurjeve  $q$ .

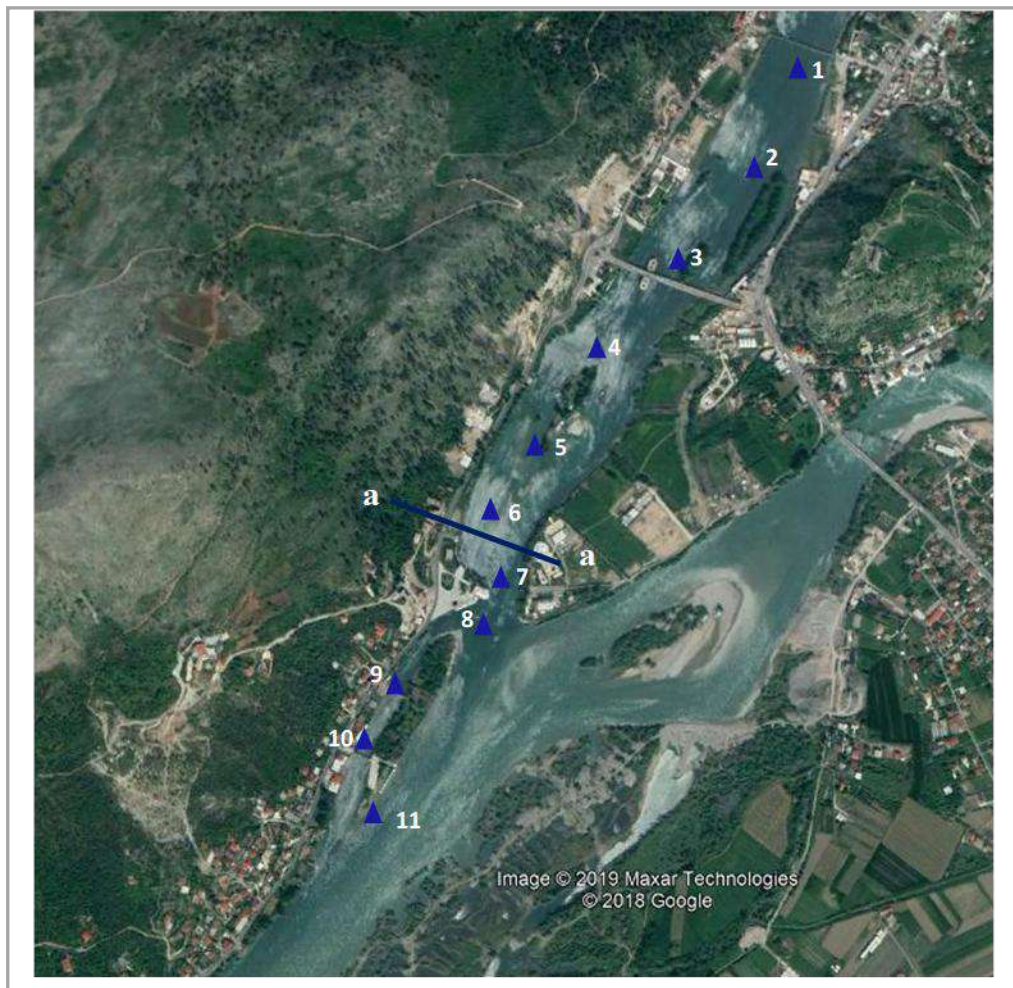


**Figura 6.7:** Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q < 1$ , prurje hyrëse të vogla



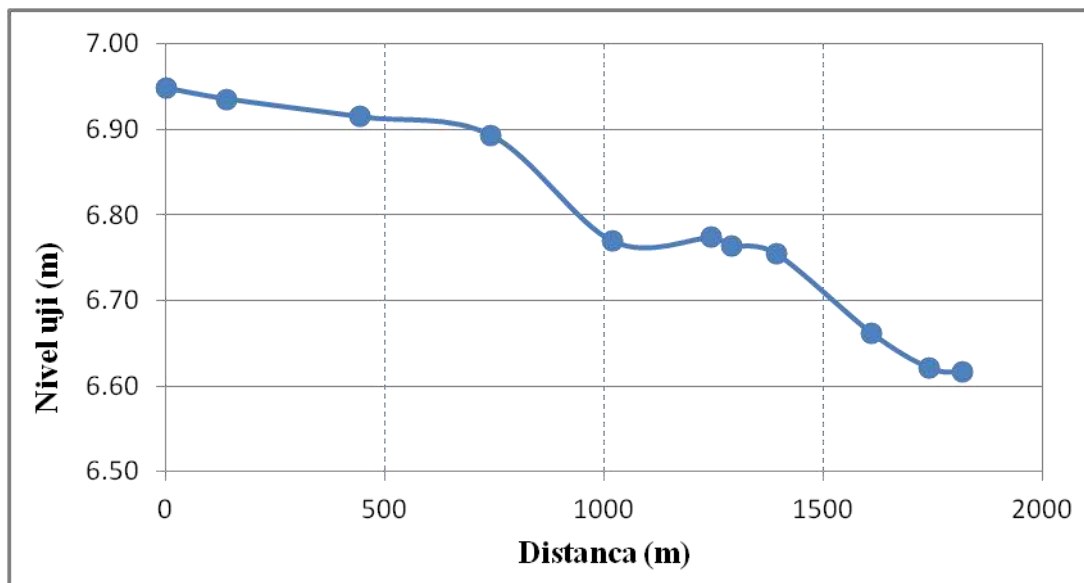
**Figura 6.8:** Fusha e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit për  $q < 1$ , prurje hyrëse të mëdha

Një element i rëndësishëm në hidrodinamikën e rrjedhjes në nyjet e bashkimit të lumenjve janë nivelet e ujit. Në figurën 6.9 paraqiten pikat karakteristike në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin, për të cilat janë analizuar nivelet e ujit.



**Figura 6.9:** Pikat karakteristike në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin

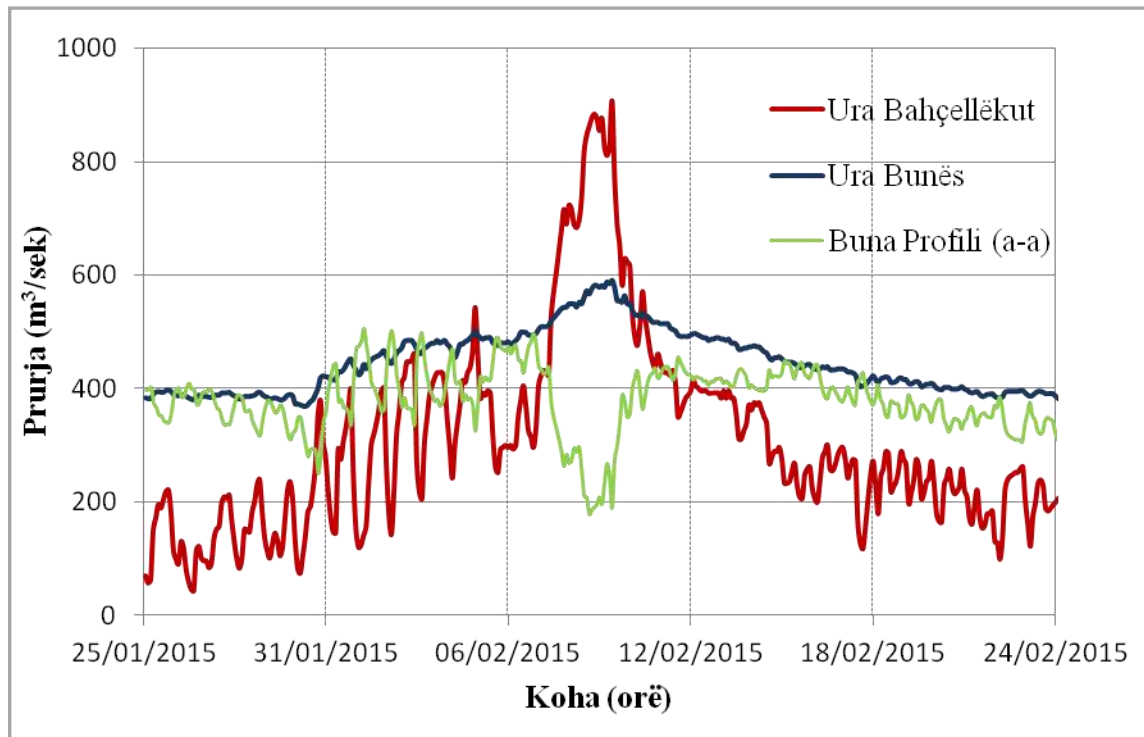
Nivelet e ujit në nyjen e bashkimit të rrjedhjeve janë analizuar bazuar në rezultatet e modelit matematik 2Dimensional. Në figurën 6.10 paraqitet profili gjatësor i sipërfaqes së ujit në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin në qelizat e rrjetës 2D që ndodhen në pikat e paraqitura në figurën 6.9.



**Figura 6.10:** Profili gjatësor i sipërfaqes së ujit në afërsi të nyjes së bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin

Prej figurës 6.10 vihat re se lakorja e sipërfaqes së ujit fillimisht pëson një rritje në pjesën e lumit Buna në pjesën e sipërme (duke formuar një lakore mufatje), më pas pëson një rënie në pjesën e lumit Buna pak para nyjes së bashkimit, më tej pëson një rritje në pjesën e nyjes së bashkimit të lumenjve Buna e Drin (lakore mufatje) dhe së fundmi një rënie pas nyjes së bashkimit të rrjedhjeve. Kjo formë e lakores së sipërfaqes së ujit vihat re në të tre raportet e prurjeve  $q > 1$ ,  $q \cong 1$ , dhe  $q < 1$ . Pengimi i rrjedhjes së lumit Buna si rezultat i prurjeve që vijnë nga lumi Drin bëjnë që edhe prurjet e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin të jenë të ndikuara.

Në figurën e mëposhtme 6.11 paraqitet hidrografi i prurjeve në profilin a– a në pjesën e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin për plotën e marrë në studim. Prurja e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin varet nga prurja që del nga liqeni Shkodrës, prurja që vjen nga Drini, niveli i ujit në lumin Buna kur del nga liqeni i Shkodrës (Ura e Bunës), niveli i ujit në Fabrikën e Çimentos, si dhe niveli i lumit Drin në Urën e Bahçellëkut. Në figurën 6.11 vihat re se në periudhën e kohës kur vjen plota nga lumi Drin kemi një rënie të prurjes së lumit Buna para bashkimit me lumin Drin. Pra në rastin kur rrjedhja nga lumi Drin bëhet dominante kemi një rënie të aftësisë shkarkuese të lumit Buna. Në raste të veçanta kur kemi rritje të mëtejshme të prurjeve prej lumit Drin në raport me Bunën (rrjedhja nga Drini bëhet tepër dominante  $q \ll 1$ ) ndodh pengimi i plotë i rrjedhjes së Bunës në nyjen e bashkimit deri dhe në shfaqjen e prurjeve negative (prurje në drejtim të kundërt me rrjedhjen e lumit Buna).

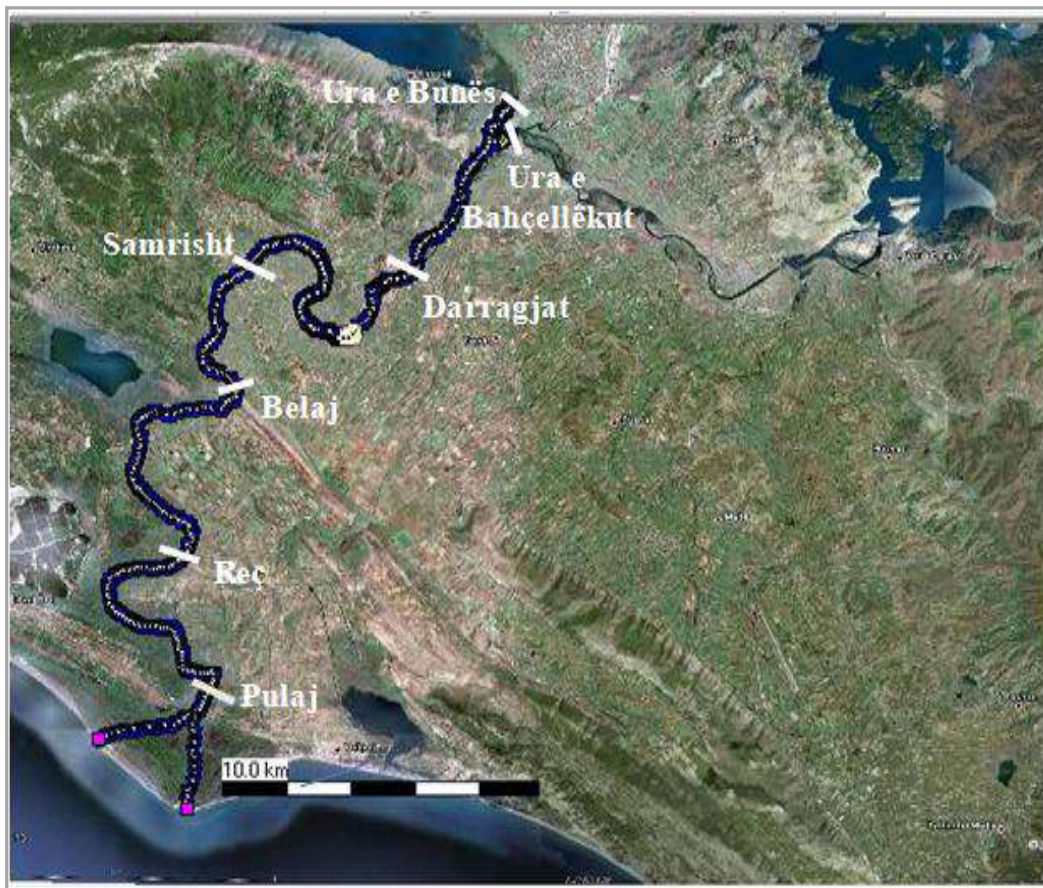


**Figura 6.11:** Hidrografi i prurjeve në profilin e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin

### 6.3 Ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna pas nyjes së bashkimit

Për të analizuar ndikimin e lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna pas nyjes së bashkimit janë përzgjedhur seksionet tërthore përgjatë lumit Buna në afërsi të fshatrave: Darragjat, Samrisht, Belaj, Reç dhe Pulaj. Këto seksione tërthore ndodhen në distancat respektive nga deti: 37.5 km, 27 km, 21.6 km, 11.6 km, 3.4 km. Vendodhja e tyre tregohet në figurën 6.12.

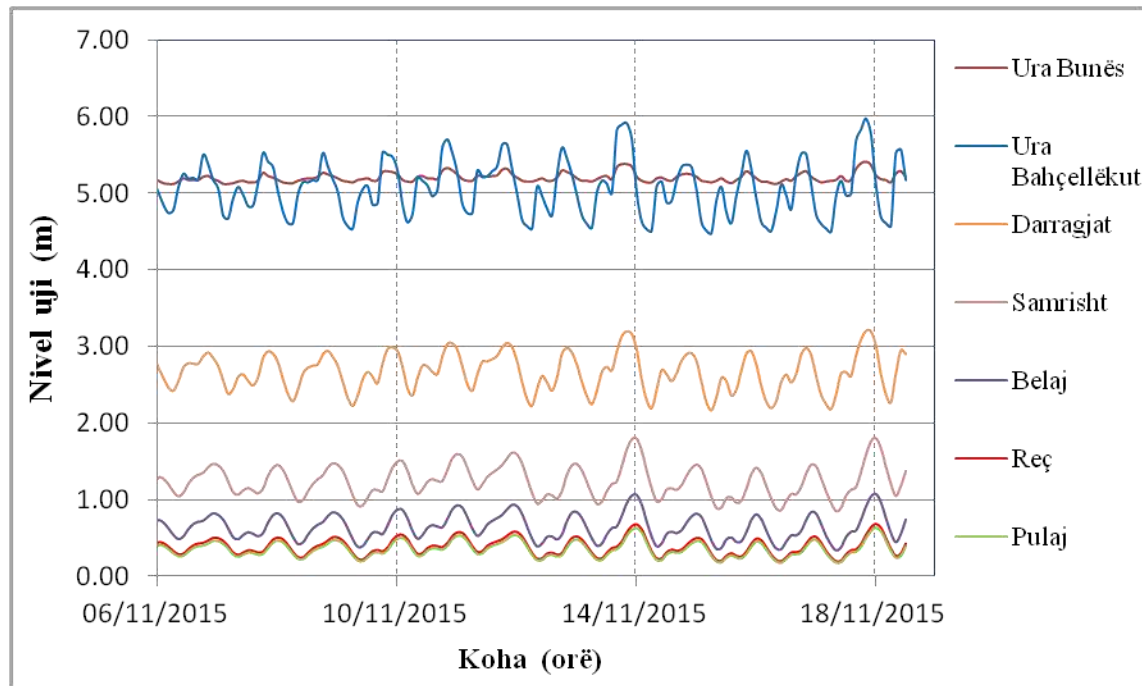




**Figura 6.12:** Vendodhja e seksioneve tërthore të përzgjedhur përgjatë lumit Buna

Rrjedhja e lumit Buna është analizuar për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta (6–18 Nëntor 2014) dhe periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015). Si kusht kufitar i sipërm është përdorur hidrografi i prurjeve orare në Urën e Bunës (lumi Buna) dhe në Urën e Bahçellëkut (lumi Drin). Kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel deti 0 m, për të analizuar vetëm efektin e lumit Drin mbi rrjedhjen e lumit Buna, të pandikuar nga efekti i detit.

Në figurën 6.13 paraqiten nivelet e ujit në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta (6–18 Nëntor 2014) bazuar në rezultatet e modelit matematik të ndërtuar në softin SOBEK.

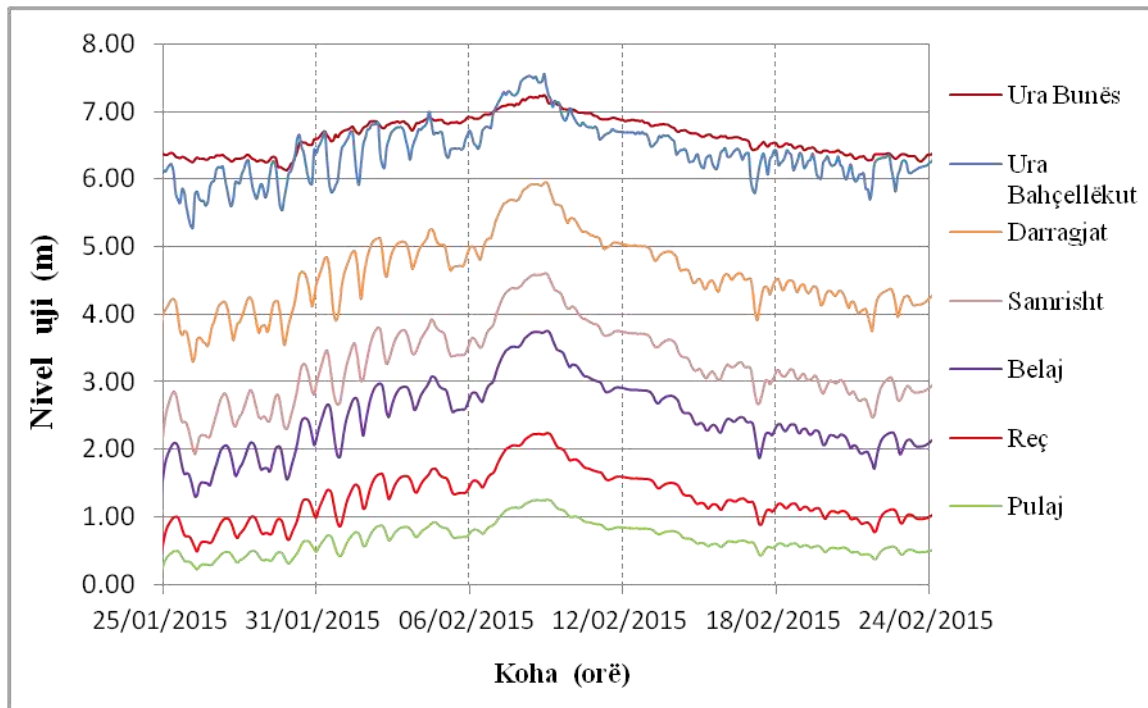


**Figura 6.13:** Nivelet e ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta

Luhatjet maksimale ditore të nivelit të ujit në Urën e Bahçellëkut (lumi Drin) janë 1.5 m për periudhën e zgjedhur të rrjedhjes me nivele të ulëta. Luhatjet maksimale ditore të nivelit të ujit për seksionet tërthore përgjatë lumit Buna pas bashkimit me Drinin janë si më poshtë: Darragjat = 1.0 m, Samrisht = 0.8 m, Belaj = 0.6 m, Reç = 0.4 m dhe Pulaj = 0.4 m.

Luhatjet e nivelit të ujit si rezultat i menaxhimit të digave kanë ndikim në qëndrueshmërinë e brigjeve të lumit (Oya *et al.*, 2015). Luhatjet e nivelit të ujit në lumenjtë e rregulluar kanë ndikim gjithashtu edhe në jetën e ekosistemeve lumore (Leyer, 2005).

Në figurën 6.14 paraqiten nivelet e ujit në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015) bazuar në rezultatet e modelit matematik të ndërtuar në softin SOBEK.



**Figura 6.14:** Nivelet e ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta

Luhatjet maksimale ditore të nivelit të ujit në Urën e Bahçellëkut (lumi Drin) janë 1.0 m për periudhën e zgjedhur të rrjedhjes me nivele të larta. Luhatjet maksimale ditore të nivelit të ujit për seksionet përgjatë lumit Buna pas bashkimit me Drinin janë si më poshtë: Darragjat = 0.9 m, Samrisht = 0.84 m, Belaj = 0.8 m, Reç = 0.5 m dhe Pulaj = 0.3 m.

Rezultatet e modelit matematik tregojnë se për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe periudhën e rrjedhjes me nivele të larta luhatjet ditore të lumit Drin reflektohen në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna deri në Pulaj. Në pjesën e lumit Buna nga bashkimi me Drinin deri në Belaj ndikimi i luhatjeve të Drinit është më i madh se në pjesën e poshtme nga Belaj deri në Pulaj (në afërsi të grykëderdhjes).

Luhatjet ditore të lumit Drin shkaktohen nga operimi i hidrocentralit të Vaut të Dejës. Luhatjet ditore të niveleve të lumit Drin ndikojnë edhe rrjedhjen e lumit Buna në pjesën para bashkimit me lumin Drin. Por në pjesën e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin, ndikimi është në një shkallë më të vogël se në pjesën pas bashkimit me Drinin.

Rezultatet e modelit matematik tregojnë se lumi Drin megjithëse është një degë (tributar) e lumit Buna, ka një influencë shumë të madhe në rrjedhjen e lumit Buna si në periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe në atë të rrjedhjes me nivele të larta.

## **KAPITULLI 7. NDIKIMI I NIVELIT TË DETIT ADRIATIK NË RRJEDHJEN E LUMIT BUNA**

Luhatjet e nivelit të detit ndodhin për shkak të baticës astronomike dhe baticës meteorologjike. Batica astronomike ndodh si rezultat i veprimtimit gravitacional të Hënës dhe Diellit, dhe rrotullimit të Tokës. Batica astronomike ka një cikël ditor të ngritjes dhe uljes së nivelit të detit. Në pellgun e Mesdheut ka një cikël prej gjashtë orësh të ngritjes dhe uljes së nivelit të detit. Në një interval ditor vihen re dy minimume dhe dy maksimume të nivelit të detit (Lami & Abazi, 2003).

Batica meteorologjike përfaqëson ndryshimet e nivelit të ujit të shkaktuara nga kushtet meteorologjike lokale. Fenomenet meteorologjike si era, presioni barometrik dhe reshjet kombinohen për të shkaktuar një rritje të nivelit të detit. Batica meteorologjike varet nga ndryshimet ditore ose sezonale të kushteve të motit. Për këtë arsye batica meteorologjike mund të konsiderohet sa ka një shkallë periodiciteti.

Në rastin e lumenjve të cilët derdhen në det, luhatjet e nivelit të detit kanë ndikim në regjimin e lëvizjes së ujit në pjesën e poshtme të lumit. Ky ndikim mund të ndihet deri në disa kilometra në drejtim të kundërt me rrjedhjen e ujit.

Rrjedha e lumit Buna ndikohet nga luhatjet e nivelit të detit Adriatik në grykëderdhjen në pjesën e Malit të Zi dhe në grykëderdhjen në Shqipëri. Për të analizuar ndikimin e niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna janë marrë në shqyrtim nivelet mesatare të detit 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m. Vlerat e niveleve mesatare të detit janë bazuar në të dhënat e baticës meteorologjike të matura (IHM, 1984). Niveleve të baticës meteorologjike u është mbivendosur batica astronomike me amplitudë 40 cm ( $\pm 0.2$  m) bazuar në të dhënat e (IHM, 1984).

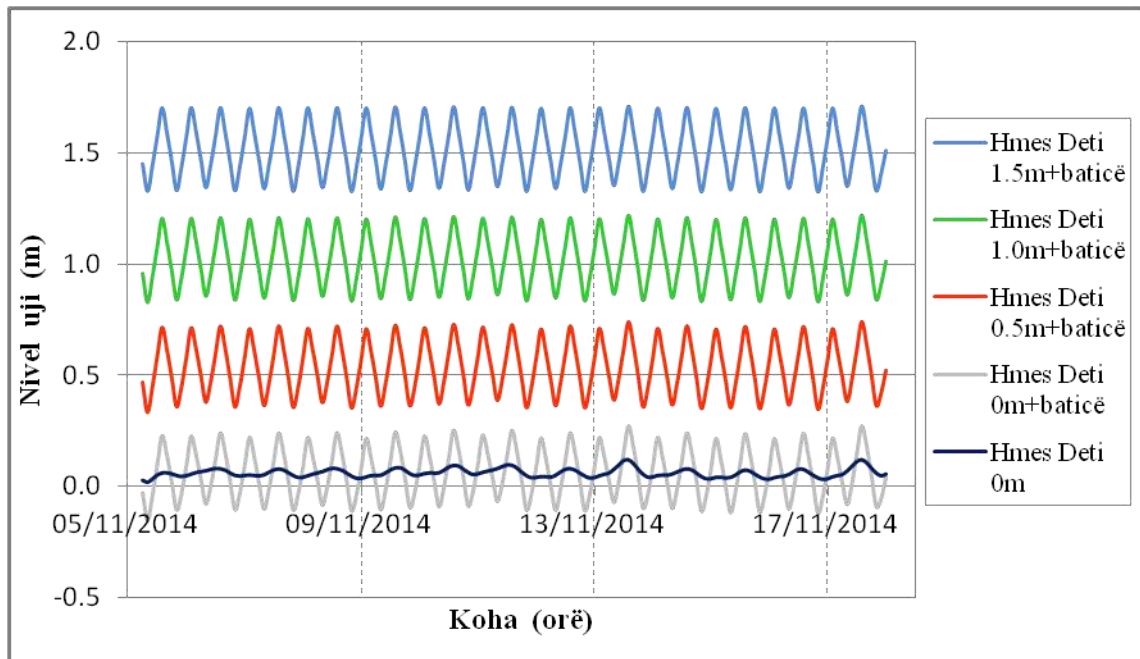
Efekti i niveleve të detit Adriatik në regjimin e rrjedhjes së lumit Buna është analizuar në vendodhjet në afërsi të fshatrave: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut të paraqitura në figurën 6.12. Për të analizuar ndikimin e niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna janë marrë në studim periudha e rrjedhjes me nivele të ulëta (6– 18 Nëntor 2014) dhe nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015).

Në modelin matematik të ndërtuar në softin SOBEK janë përdorur si kusht kufitar i sipërm hidrografi i prurjeve në Urën e Bunës (lumi Buna) dhe Urën e Bahçellëkut (lumi Drin) të paraqitura në figurat 4.7 dhe 4.9. Si kusht kufitar i poshtëm është përdorur nivel uji në grykëderdhjen e lumit Buna në Shqipëri dhe Mal të Zi. Nivelet e ujit të përdorur në model janë:  $\pm 0$  m,  $\pm 0$  m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m), 0.5m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m), 1.0 m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m) dhe 1.5 m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m).

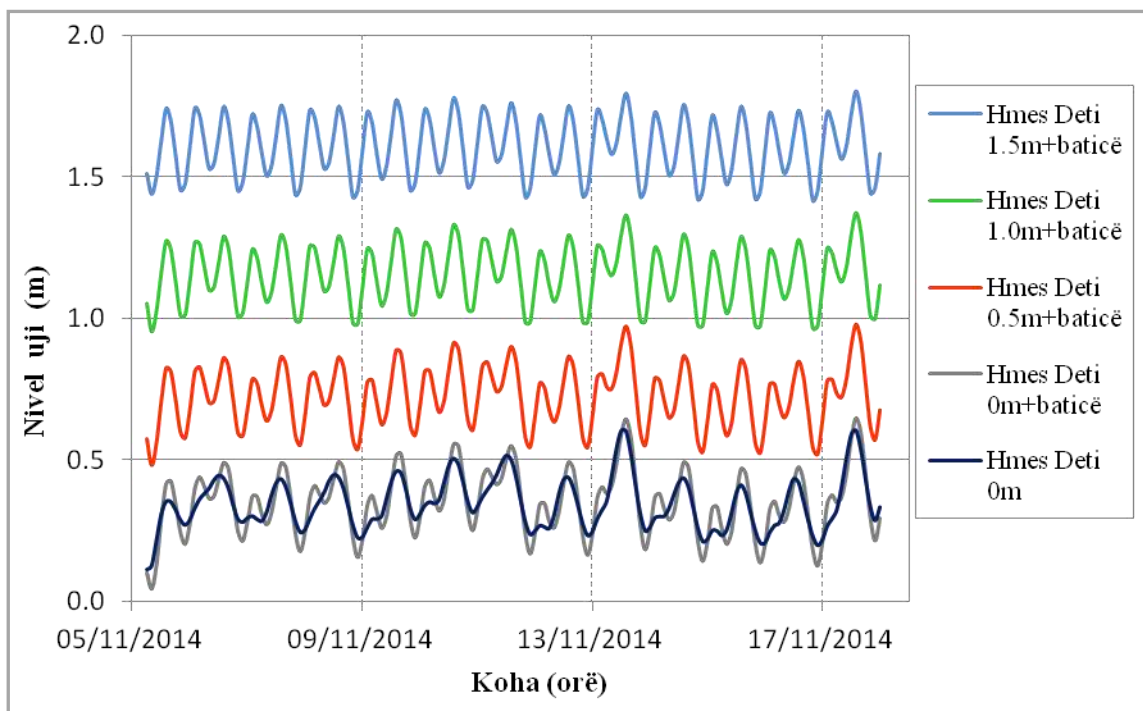
### **7.1 Ndikimi i nivelit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta**

Në grafikët në figurat e mëposhtme 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 paraqiten luhatjet e niveleve të ujit për profilat e përzgjedhur përgjatë lumit Buna për nivele të ndryshme të detit Adriatik. Në modelin matematik të ndërtuar në softin SOBEK për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta 6– 18 Nëntor 2014 janë analizuar nivelet e ujit në profilat në

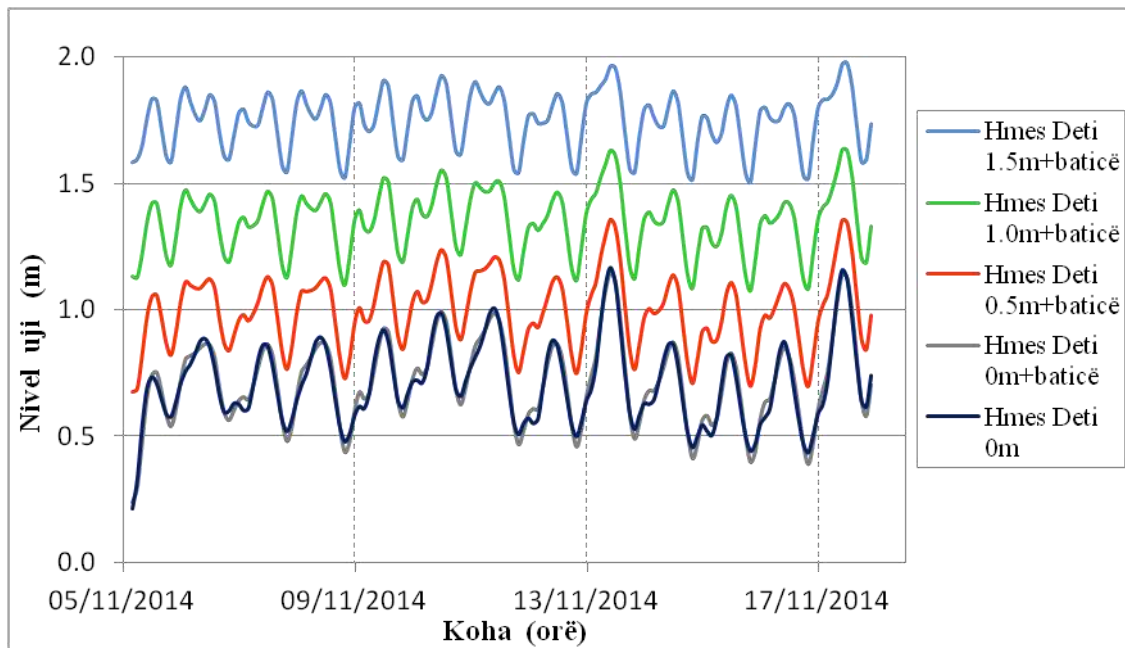
afërsi të fshatrave: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut. Këto profila ndodhen në distancat respektive nga deti: 3.4 km, 11.6 km, 21.6 km, 27 km, 37.5 km, 44 km, 43 km të paraqitura në figurën 6.12.



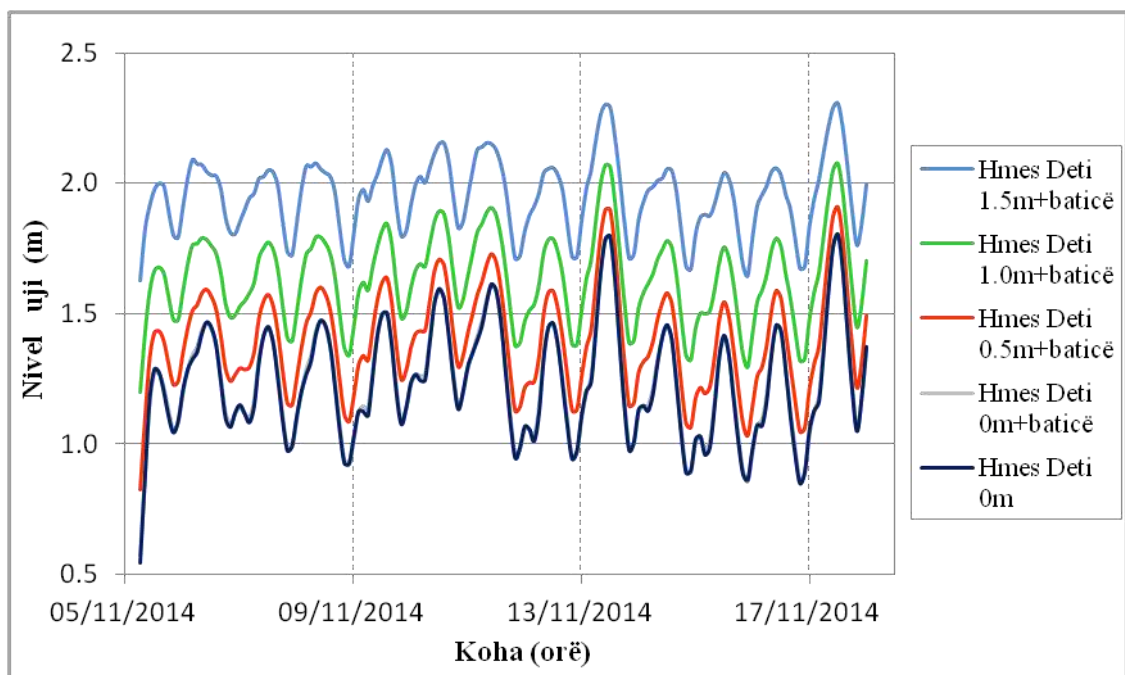
**Figura 7.1:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Pulaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



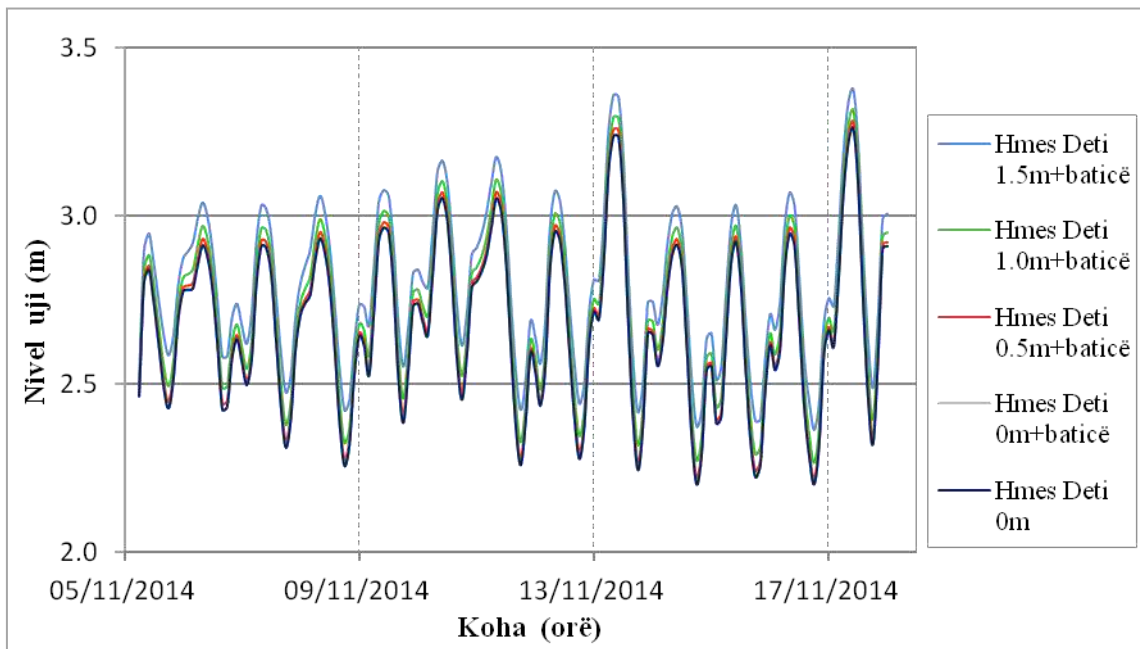
**Figura 7.2:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Reç për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



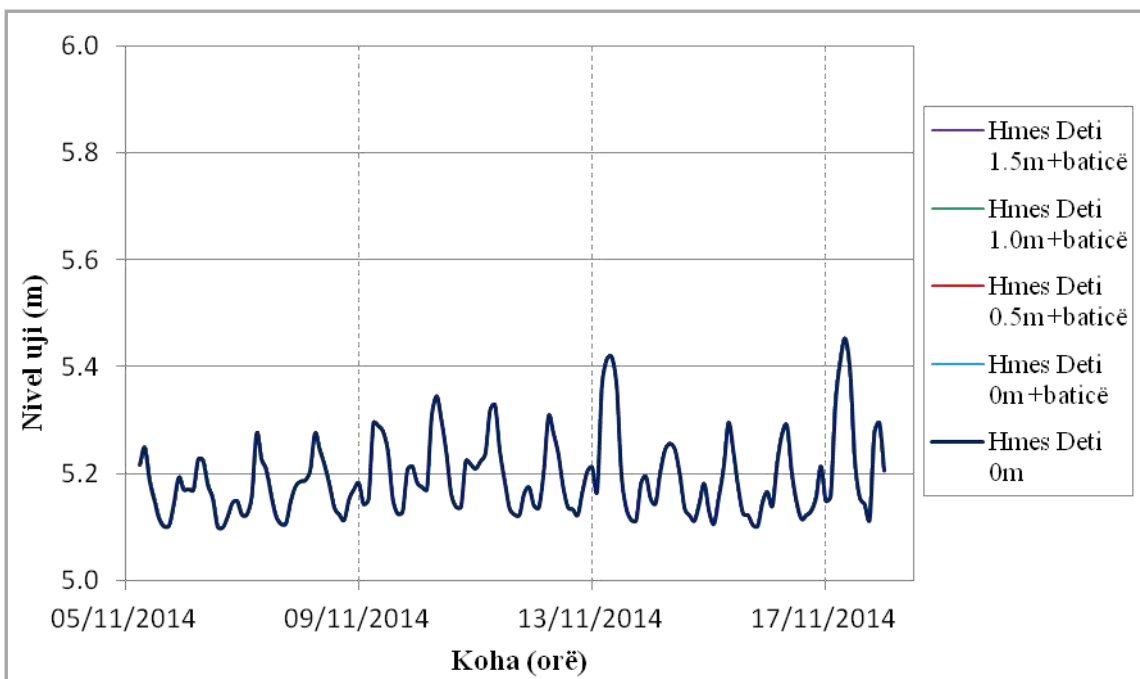
**Figura 7.3:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Belaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



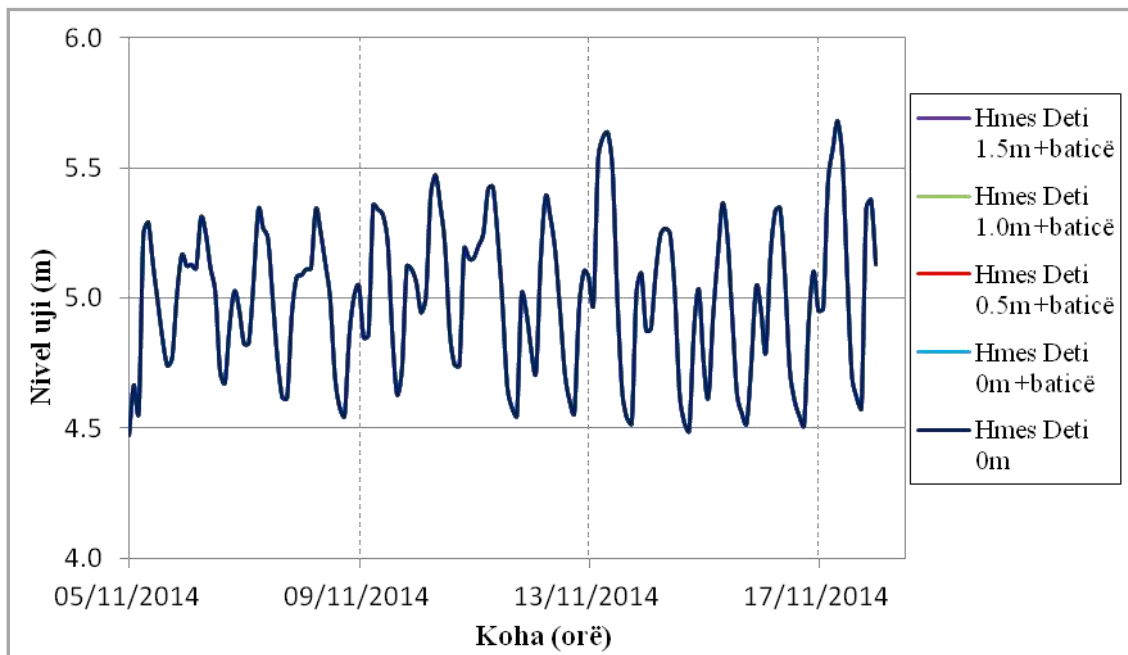
**Figura 7.4:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Samrisht për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



**Figura 7.5:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Darragjat për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



**Figura 7.6:** Nivelet e ujit në afërsi të Ura e Bunës për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta



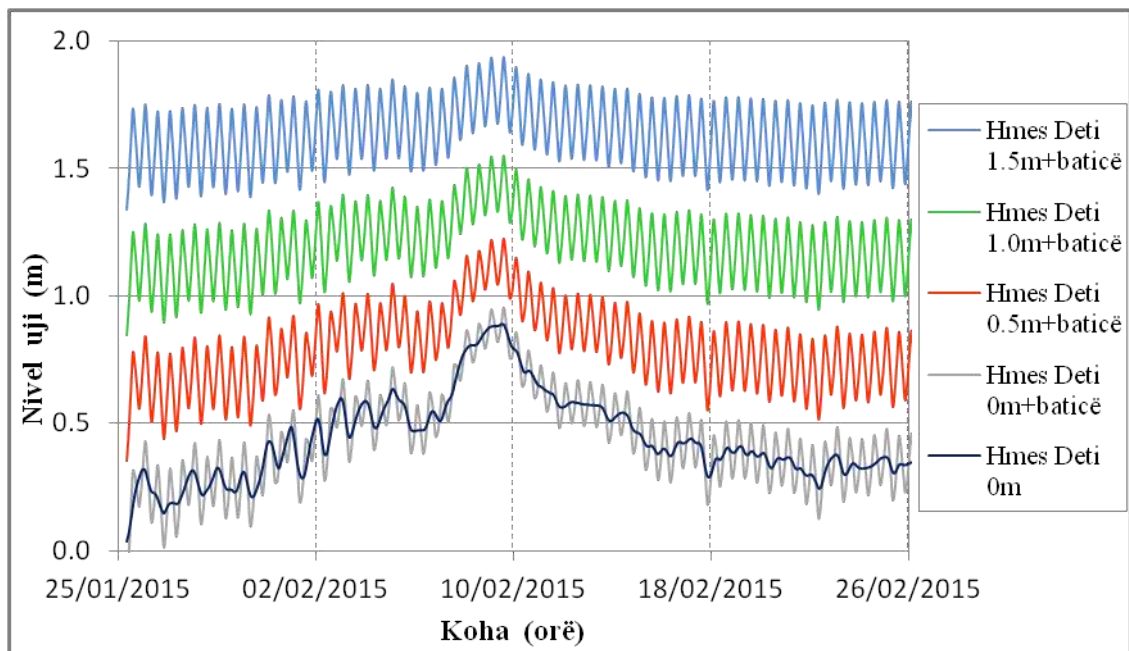
**Figura 7.7:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Bahçellëk për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të ulëta

Nga grafikët e paraqitur në figurat e mësipërme vihet re se luhatjet e nivelit të detit Adriatik kanë ndikim në regjimin e rrjedhjes së lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta. Ky ndikim është shumë i dukshëm në seksionin në afërsi të fshatit Pulaj, ku luhatjet e nivelit të ujit ndjekin luhatjet e nivelit të detit. Në seksionin në afërsi të fshatit Reç ndikimi është akoma i madh, nivelet e ujit të lumit Buna ndjekin luhatjet e nivelit të detit veçanarisht për nivele të larta të detit. Ndikimi i nivelit të detit fillon të zvogëlohet në seksionin në afërsi të fshatit Belaj dhe Samrisht. Në seksionin në afërsi të fshatit Darragjat ndikimi i nivelit të detit në nivelet e lumit Buna është i vogël, madje edhe në rastin e niveleve të larta të detit (Abazi, 2020). Në profilat në afërsi të Urës së Bunës dhe në afërsi të Bahçellëkut luhatjet e nivelit të ujit nuk ndikohen nga ndryshimet e nivelit të detit.

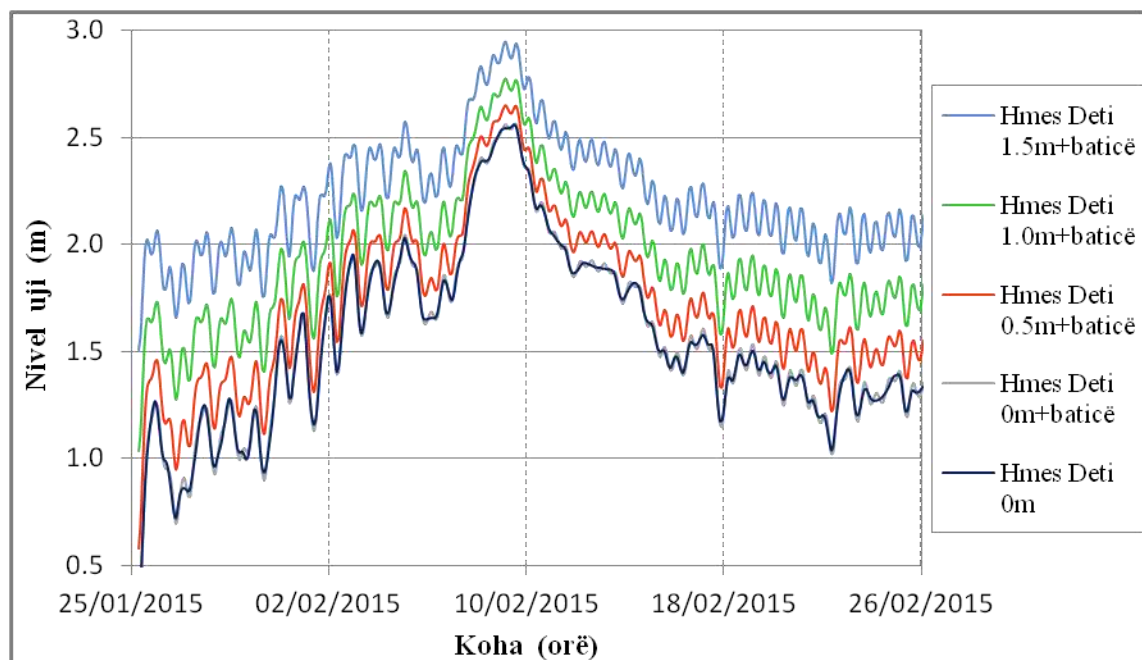
## 7.2 Ndikimi i nivelit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta.

Në grafikët në figurat e mëposhtme 7.8, 7.9, 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14 paraqiten luhatjet e niveleve të ujit për profilat e përzgjedhur përgjatë lumit Buna për nivele të ndryshme të detit Adriatik në grykëderdhjen në Shqipëri dhe Mal të Zi. Në modelin matematik të ndërtuar në softin SOBEK për periudhën e nivele të larta 25 Janar – 24 Shkurt 2015 janë analizuar nivelet e ujit në profilat në afërsi të fshatrave: Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut. Këto profila ndodhen në distancat respektive nga deti: 3.4 km, 11.6 km, 21.6 km, 27 km, 37.5 km, 44 km dhe 43 km të paraqitur në figurën 6.12.

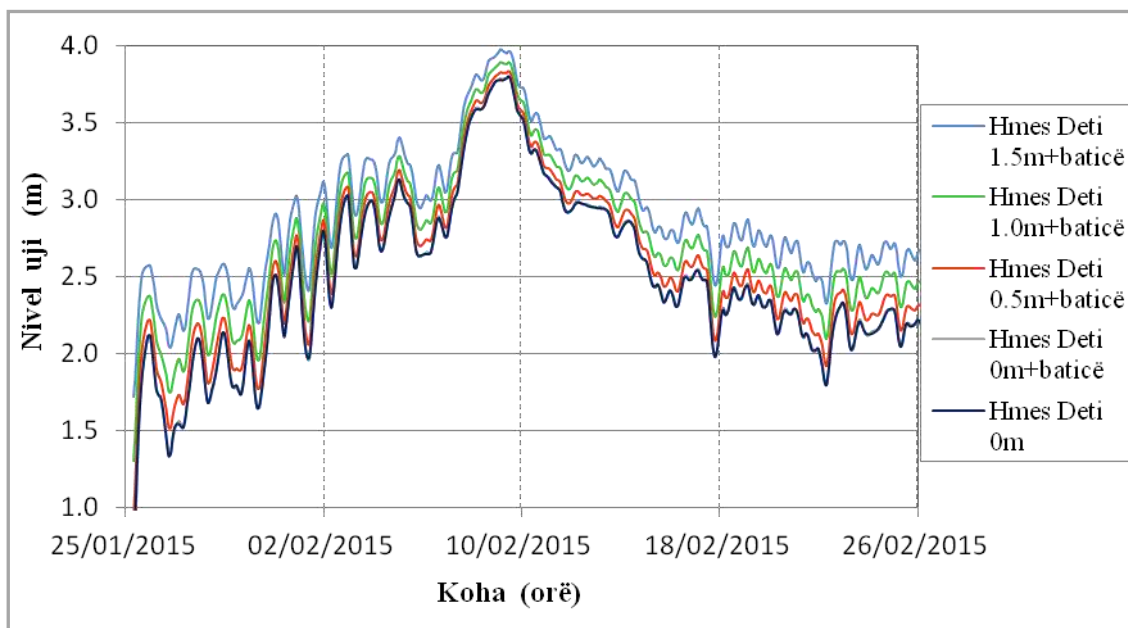




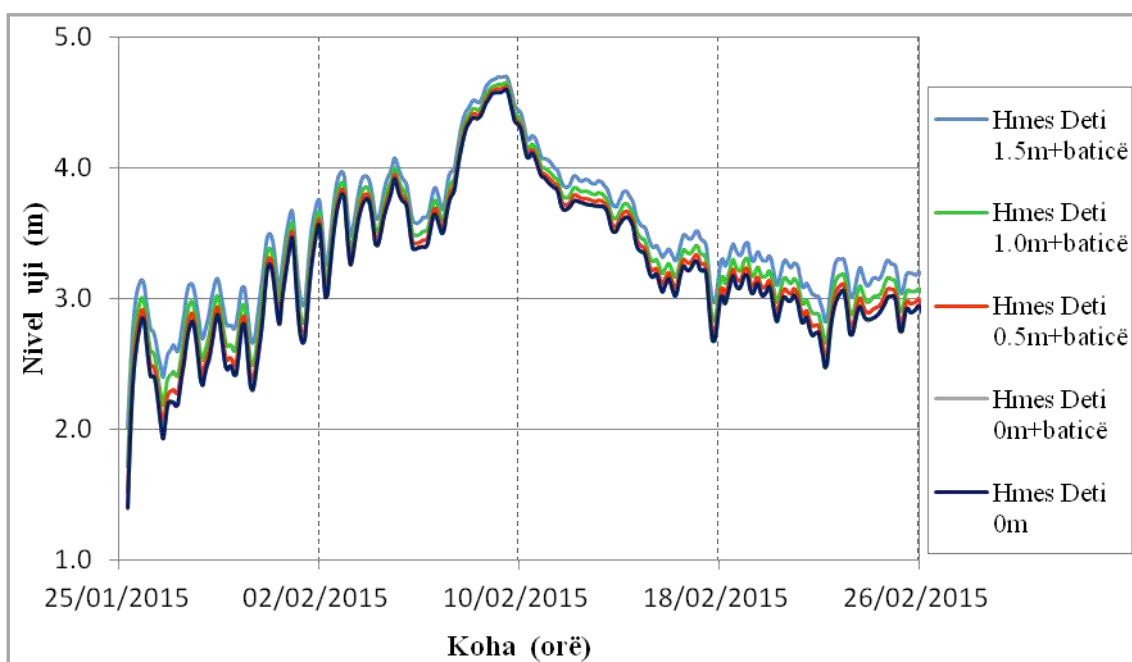
**Figura 7.8:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Pulaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



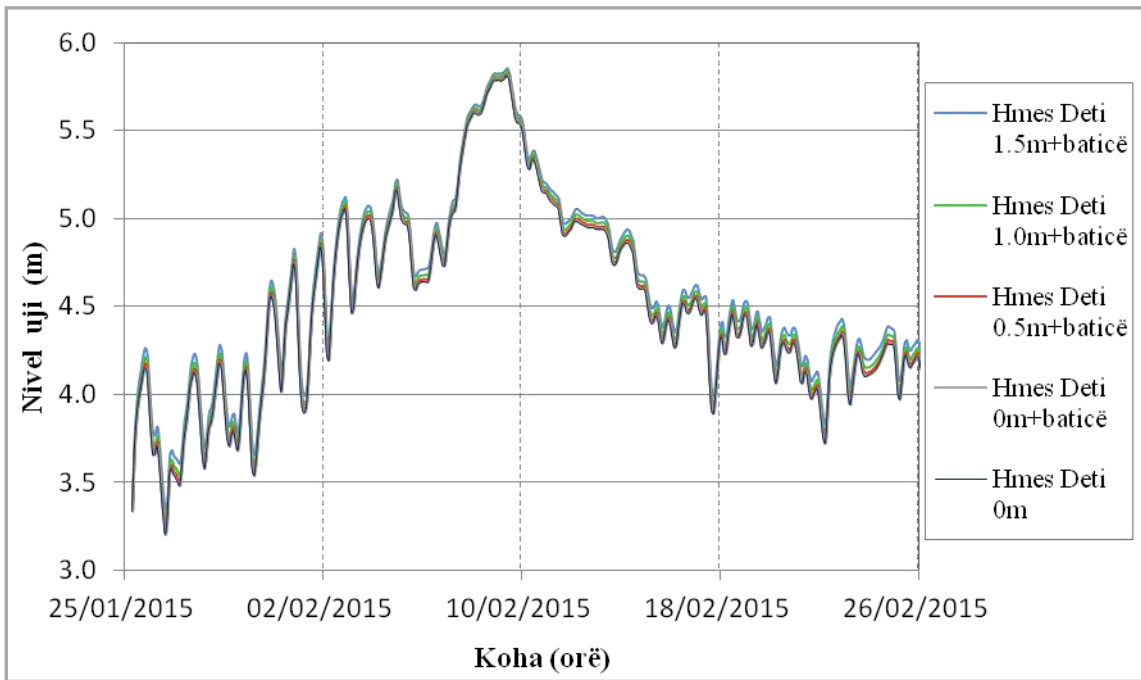
**Figura 7.9:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Reç për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



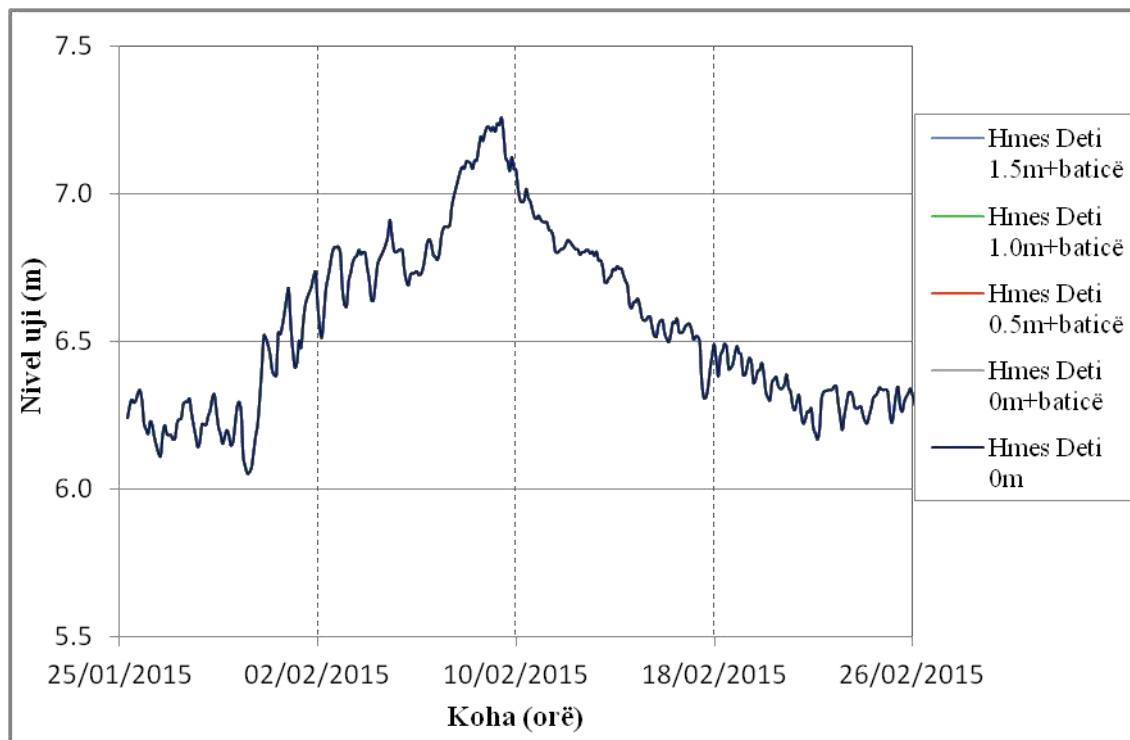
**Figura 7.10:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Belaj për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



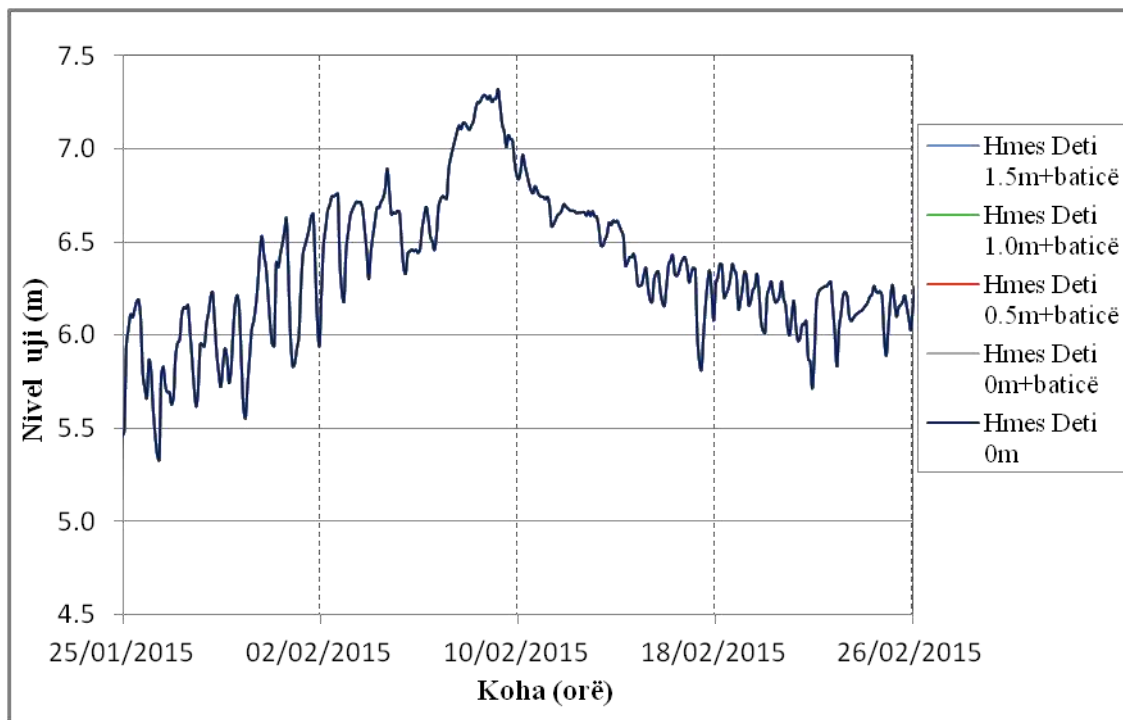
**Figura 7.11:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Samrisht për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



**Figura 7.12:** Nivelet e ujit në afërsi të fshatit Darragjat për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



**Figura 7.13:** Nivelet e ujit në afërsi të Urës së Bunës për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta



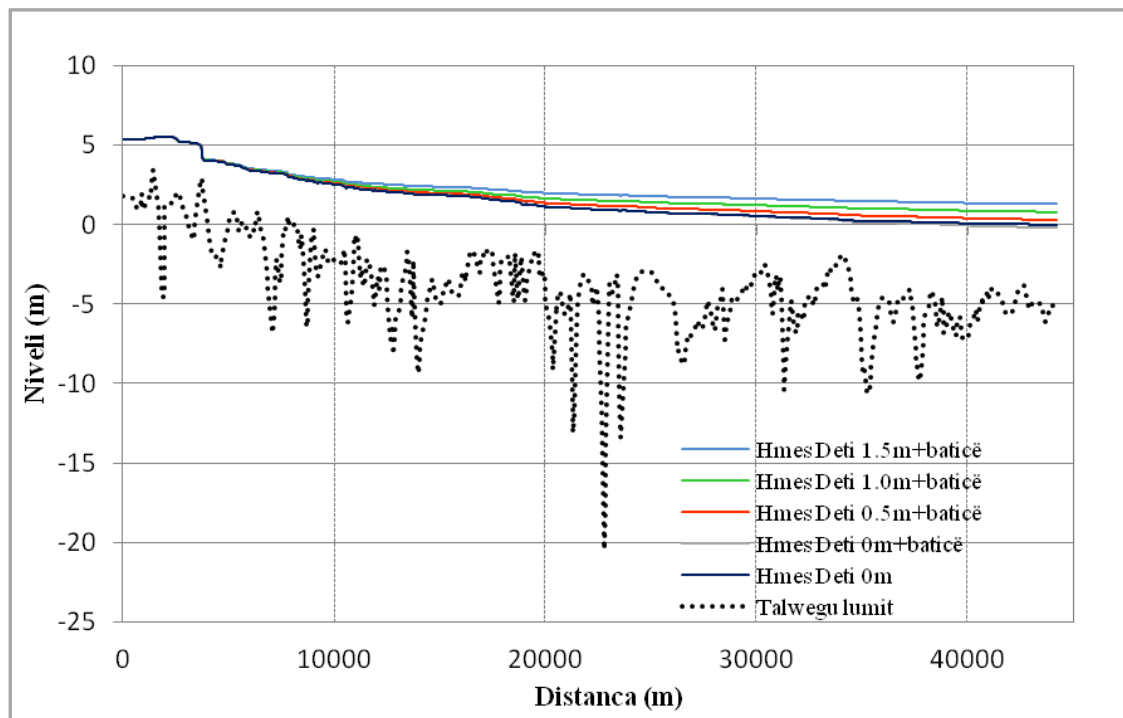
**Figura 7.14:** Nivelet e ujit në afërsi të Urës së Bahçellëkut për nivele të ndryshme deti për rrjedhjen me nivele të larta

Nga grafikët në figurat e mësipërme vihet re se luhatjet e nivelit të detit Adriatik kanë ndikim në regjimin e rrjedhjes së lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta. Nivelet e ujit në seksionin në afërsi të fshatit Pulaj ndjekin luhatjet e Drinit dhe mbi to mbivendoset ndikimi i luhatjeve të nivelit të detit. Në seksionin në afërsi të fshatit Reç nivelet e ujit ndjekin luhatjet e nivelit të lumit Drin, dhe mbi to mbivendosen luhatjet e nivelit të detit, por në një shkallë më të vogël se në Pulaj.

Në seksionin në afërsi të fshatit Belaj dhe Samrisht, nivelet e lumit Buna ndjekin luhatjet e nivelit të lumit Drin duke u mbivendosur mbi to ndikimi i luhatjeve të detit, veçanarisht për nivele të larta të detit 1.0 m dhe 1.5 m. Në seksionin në afërsi të fshatit Darragjat vetëm nivelet e larta të detit kanë një ndikim shumë të vogël në nivelet e lumit Buna (Abazi, 2020). Në seksionet në afërsi të Urës së Bunës dhe në afërsi të Urës së Bahçellëkut luhatjet e nivelit të ujit nuk ndikohen nga ndryshimet e nivelit të detit.

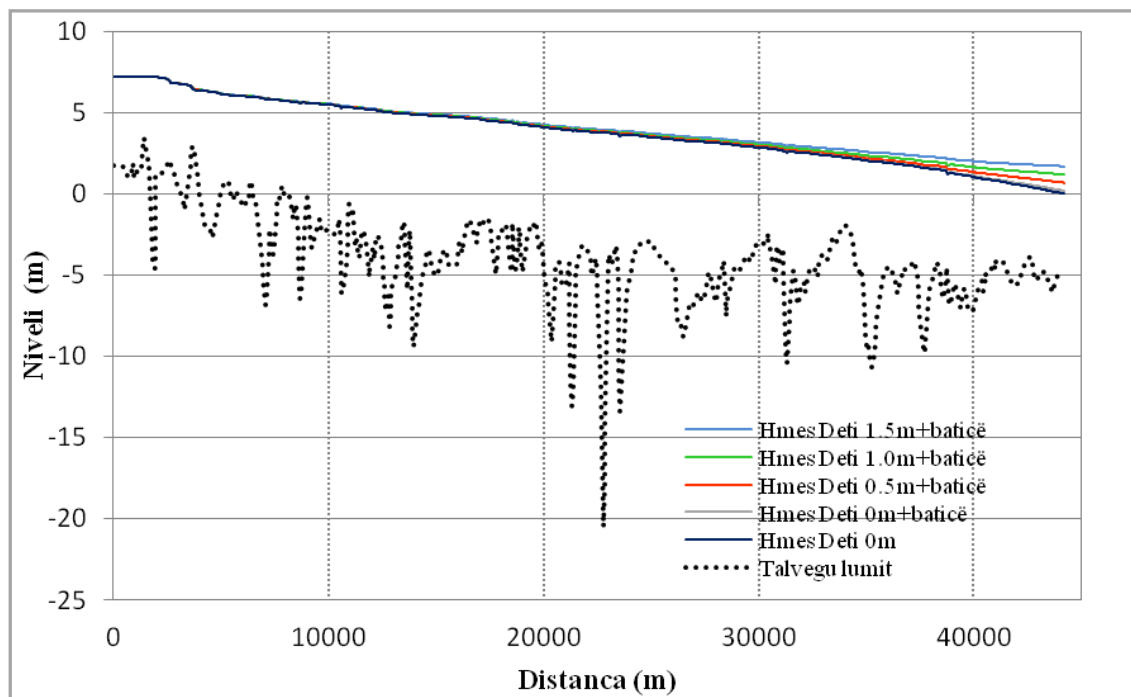
### 7.3 Vlerësimi sasior i ndikimit të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna

Në grafikun në figurën 7.15 paraqitet ndikimi i detit Adriatik në nivelin maksimal të ujit për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta (6– 18 Nëntor 2014) përgjatë lumit Buna. Ndikimi i detit është analizuar për nivelet e ujit:  $\pm 0$  m,  $\pm 0$  m plus baticë 0.4 m ( $\pm 0.2$  m), 0.5 m plus baticë 0.4 m ( $\pm 0.2$  m), 1.0 m plus baticë 0.4 m ( $\pm 0.2$  m), 1.5 m plus baticë 0.4 m ( $\pm 0.2$  m).



**Figura 7.15:** Ndikimi i niveleve të ndryshme të detit në nivelin maksimal të ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të ulëta

Në grafikun në figurën 7.16 paraqitet ndikimi i detit Adriatik në nivelin maksimal të ujit për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta (25 Janar – 24 Shkurt 2015) përgjatë lumit Buna. Ndikimi i detit është analizuar për nivelet e ujit:  $\pm 0$  m,  $\pm 0$  m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m), 0.5 m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m), 1.0 m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m), 1.5 m plus baticë 40 cm ( $\pm 0.2$  m).



**Figura 7.16:** Ndikimi i niveleve të ndryshme të detit në nivelin maksimal të ujit përgjatë lumit Buna për rrjedhjen me nivele të larta

Në grafikët në figurat e mësipërme vihet re se rritja e nivelit të detit Adriatik çon në rritjen e niveleve maksimale të lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta. Rritja e niveleve maksimale të lumit Buna është më e madhe për pjesën nga grykëderdhja deri në afërsi të fshatit Pulaj, sidomos për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta. Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta ndikimi i detit ndihet deri në Belaj (21.6 km nga grykëderdhja), ndërsa për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta ndikimi ndihet deri në Darragjat (37.5 km nga grykëderdhja). Rritja e nivelit të detit Adriatik nuk ndikon në nivelet maksimale për pjesën e lumit Buna mbi Darragjat për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta.

Në përfundim mund të themi se rezultatet e modelit matematik të ndërtuar për zonën në studim tregojnë se rritja e nivelit të detit Adriatik si rezultat i baticës meteorologjike dhe astronomike çon në rritjen e niveleve të lumit Buna, veçanarisht për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta. Ndikimi i niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna shkon deri në disa kilometra mbi grykëderdhjen për shkak të pjerrësisë së vogël të shtratit të lumit Buna (veçanarisht në pjesën nga grykëderdhja deri në Belaj).

- Për nivel mesatar deti 0.0 m plus baticën astronomike 40cm ndikimi në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Reç për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta. Rritja maksimale e niveleve të lumit Buna për këtë periudhë në seksionin në afërsi të Reç është 9 cm. Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta efekti i niveleve të detit Adriatik në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Pulaj, ku rritja e nivelit të lumit Buna për pikun e plotë së marrë në studim është 7 cm.
- Për nivel mesatar deti 0.5 m për shkak të baticës meteorologjike plus baticën astronomike 40 cm ndikimi në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Samrisht për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta. Rritja maksimale e niveleve të lumit Buna për këtë periudhë në seksionin në afërsi të Samrisht është 20 cm. Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta efekti i niveleve të detit Adriatik në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Belaj, ku rritja e nivelit të lumit Buna për pikun e plotë në studim është 5 cm.
- Për nivel mesatar deti 1.0 m për shkak të baticës meteorologjike plus baticën astronomike 40 cm ndikimi në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Darragjat për periudhën e niveleve të ulëta dhe të larta. Rritja maksimale e niveleve të lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta në afërsi të Darragjat është 7 cm. Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta rritja e nivelit të lumit Buna në afërsi të Darragjat për pikun e plotë së marrë në studim është 2 cm.
- Për nivel mesatar deti 1.5 m për shkak të baticës meteorologjike plus baticën astronomike 40 cm ndikimi në nivelet e lumit Buna ndihet deri në Darragjat për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta dhe të larta. Rritja maksimale e niveleve të lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta në afërsi të Darragjat është 17 cm. Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta rritja e nivelit të lumit Buna në afërsi të Darragjat për pikun e plotë së marrë në studim është 4 cm.

Luhatjet e nivelit të detit Adriatik nuk ndikojnë në rrjedhjen e lumit Buna në pjesën mbi Darragjat. Për seksionet mbi Darragjat, dhe në pjesën para nyjes së bashkimit me lumin Drin, nivelet e lumit Buna ndjekin luhatjet ditore të niveleve të lumit Drin, të cilat shkaktohen nga operimi i hidrocentralit të Vaut të Dejës.

## KAPITULLI 8. MODELIMI I PËRMBYTJEVE NË ZONËN E SHKODRËS

### 8.1 Përmbytjet në zonën e Shkodrës

Ndër katastrofat natyrore, përmbytjet janë një nga rreziqet natyrore më të shpeshta në Shqipëri. Përmbytjet kanë ndikim të madh në jetët e njerëzve dhe pasurinë e tyre si: shtëpitë, prodhimet bujqësore dhe blektorale. Përmbytjet kanë ndikim të madh gjithashtu edhe në mjedis, ku rrisin procesin e erozionit dhe dëmtojnë strukturat hidraulike të ndërtuara në lumë dhe në fushën përreth lumit. Ato influencojnë cilësinë e ujit dhe jetën e organizmave në ekosistemet e ujërave të ëmbla dhe detare. Përmbytjet kanë një ndikim negativ dhe në ekonomi, duke dëmtuar linjat e transportit (rrugët dhe hekurudhat), linjat elektrike si dhe industrinë që ndodhen në zonat në afërsi të lumenjve.

Zona e Shkodrës është nga më të rrezikuara nga përmbytjet në vendin tonë. Përmbytjet ndodhin më shpesh gjatë periudhës nëntor– mars, kur në rajon bien rreth 80– 85% e reshjeve vjetore (Bogdani, 2006).

Përmbytjet në zonën e Shkodrës ndodhin si rezultat i faktorëve natyrorë dhe njerëzorë. Ndër faktorët natyrorë përmendim: a) shirat në pellgun ujëmbledhës të liqenit të Shkodrës, lumit Drin dhe lumit Buna dhe b) shkërrja e borës që ndodh kryesisht në fund të stinës së dimrit dhe në fillim të stinës së pranverës. Reshjet e shiut dhe shkërrja e borës çojnë në rritje të prurjeve të lumit Drin dhe degëve të tij Gjadër e Kir si dhe rritje të prurjeve që dalin nga liqeni i Shkodrës.

Ndër faktorët njerëzorë përmendim menaxhimin e rezervuarëve të krijuar nga digat e ndërtuara në lumin Drin. Rritja e shkarkimeve nga rezervuarët e digave mbi lumin Drin për të ruajtur nivelet e lejuar çon në rritjen e prurjeve të lumit Drin në pjesën e poshtme para bashkimit me lumin Buna.

Për operimin e rezervuarëve tradicionalisht janë përdorur rregullore fikse. Këto rregullore përcaktojnë prurjet e shkarkimit nga rezervuarët bazuar në nivelin aktual të tyre, kushtet hidrologjike, kërkesave për uji dhe periudhës së vitit. Menaxhimi i kaskadës së lumit Drin aktualisht operohet në bazë të rregulloreve fikse. Këto rregullore marrin në konsideratë prodhimin e energjisë dhe sigurinë e digave por nuk marrin në konsideratë efektet e shkarkimeve në anën e poshtme.

Operimi i rezervuarëve kohët e fundit kryhet me anë të teknikave të *optimizimit* duke marrë në konsideratë *multi-objective functions* (Rosbjerg *et al.*, 2009). Këto teknika bëjnë të mundur maksimizimin e prodhimit të energjisë, sigurinë e digave, ruajtjen e niveleve optimale në rezervuar për periudhën e thatë të vitit dhe minimizimin e përmbytjeve në anën e poshtme.

Për të rritur performancën e operimit të rezervuarëve aplikohen teknikat e *optimizimit në kohë reale*. Këto teknika përdorin informacionin në kohë reale dhe parashikimin për periudha afatshkurtra dhe afatgjata (3 ditore, 7 ditore dhe sezonale) në lidhje me nivelet e rezervuarëve, prurjet hyrëse dhe kërkesat e ujit nga përdorues të ndryshëm. Variablat e kontrollit që përfshijnë prurjet e shkarkimit nga turbinat dhe portat optimizohen në intervale kohore të ndryshme për periudhën e parashikimit (Rosbjerg *et al.*, 2009).

Një faktor tjetër njerëzor që ndikon në përmytjet në zonën e Shkodrës është dhe funksionimi jo në nivelin optimal i sistemit të kullimit të fushës së Nënshkodrës. Kjo ndodh për arsye se sistemi i kanaleve kulluese nuk mirëmbahen në nivelin e duhur ose kanë pësuar dëmtime për shkak të ndërtimeve të paligjshme. Aftësia e kufizuar shkarkuese e Kanalit të Murtemës bën që të akumulohet uji në kohë plotash në Fushën e Trushit si dhe të rritet thellësia dhe kohëzgjatja e përmytjeve.

Rritja e prurjeve nga lumi Drin dhe e prurjeve që dalin nga liqeni i Shkodrës si rezultat i faktorëve natyrorë dhe njerëzorë çon në rritjen e prurjes në lumin Buna. Shesh herë kjo prurje tejkalon aftësinë ujëmbajtëse të lumit Buna duke shkaktuar përmytjen e zonës së Shkodrës.

Burime arkivore si dhe të dhënat e grumbulluara prej ish Institutit Hidrometeorologjik (sot IGJEUM), tregojnë se përmytje të mëdha janë vrojtuar edhe në të kaluarën, ndër to mund të përmenden përmytjet në vitet 1860, 1865, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871 (Selenica, 2010) dhe (Selenica *et al.*, 2011).

Sipas (Selenica, 2010) që në shekujt e parë p.e.s historianët romakë kanë folur për përmytjet në lumin Buna dhe lumin Drin, dhe për ndryshimin e rrjedhjes së Drinit herë në drejtim të Shkodrës dhe herë për në Lezhë.

Sipas (Selenica, 2010) një informacion interesant jep kronisti turk M. Sirri për përmytjet e qytetit të Shkodrës nga ujërat e Drinit, Bunës, liqenit të Shkodrës dhe Kirit gjatë periudhës 1854–1871. Në pellgjet e lumenjve Buna dhe Drin ka patur edhe disa përmytje të tjera në vitet 1937, 1952, 1962–1963.

Ndër përmytjet më të mëdha të përmendura më sipër mund të konsiderohen ato të ndodhura gjatë periudhës Nëntor 1962–Shkurt 1963, përse i përket përhapjes territoriale, kohëzgjatjes më të madhe dhe dëmëve të shkaktuara.

Kohët e fundit në zonën e Shkodrës kanë ndodhur përmytje të mëdha ku ndër to mund të përmendim: përmytjen e Janar 2010 dhe Dhjetor 2010. Në muajin Mars të vitit 2018 ka ndodhur një tjetër përmytje në zonën e Shkodrës. Për përmytjen e Marsit 2018 disponohen hartat e shtrirjes së përmytjes të gjeneruara nga programi Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS).

Hartat e shtrirjes së përmytjeve bazohen në teknologjinë e marrjes së informacionit në distancë “remote sensing”. Kjo teknologji bazohet në imazhet satelitore, të cilët kohët e fundit janë të disponueshme me rezolucion të lartë për kushte të ndryshme të motit. Lëshimi i satelitëve të ndryshëm si: RADARSAT-2, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed, Sentinel-1, etj bën të mundur sigurimin e të dhënve me rezolucion të lartë dhe saktësi më të madhe.

Për përmytjen e Marsit të vitit 2018 janë gjeneruar hartat e shtrirjes së përmytjes në ditë të ndryshme të plotës së Marsit të vitit 2018 bazuar në imazhet satelitore. Harta e shtrirjes maksimale të përmytjes përdoret për kalibrimin dhe validimin e modeleve të përmytjeve (Bates & De Roo, 2000). Disponibiliteti i hartave të shtrirjes së përmytjes në ditë të ndryshme të plotës së Marsit 2018 për zonën në studim, krijon mundësinë për të vlerësuar performancën e modelit 2D hidrodinamik të përmytjeve.



## **8.2 Ndërtimi i modelit matematik 2Dimensional të përmbytjeve**

Në të shkuarën vlerësimi i niveleve të përmbytjeve dhe sipërfaqeve të përmbytura kryhej me anë të modeleve matematikë 1D. Me anë të këtyre modeleve parashikohet zona që përmbytet duke intersektuar nivelet e ujit që rezultojnë nga modeli 1D me Modelin Digital të Terrenit (DTM) të një sakësie të pranueshme (Priestnall *et al.*, 2000). Me avancimin e metodave numerike dhe teknikave të matjeve të terrenit është bërë i mundur përdorimi i modeleve 2D në prashikimin e përmbytjeve. Modelet 2D në dallim nga modelet 1D japin një prezantim më të mirë të procesit të përmbytjeve. Këto modele japin gjithashtu rezultate më të sakta të hartës së shtrirjes së përmbytjes, të hartave të niveleve e shpejtësive të ujit, si dhe kohëzgjatjes së përmbytjes.

Modelet matematikë të përmbytjeve janë elementë të rëndësishëm të Sistemeve të Paralajmërimit të Hershëm të Përmbytjeve. Hartat e shtrirjes së përmbytjeve të gjeneruar prej modeleve hidrodinamik shërbejnë për të paralajmëruar banorët në rast të një përmbytjeje të mundëshme. Hartat e përhapjes së përmbytjes që rezultojnë nga modelet hidrodinamik për plota me përqindje sigurie të ndryshme mund të përdoren nga autoritetet lokale në hartimin e planeve urbanistike.

Direktiva e Përmbytjeve e Parlamentit Evropian (2007/60/EC) kërkon: Krijimin e kuadrit ligjor për vlerësimin dhe menaxhimin e riskut nga përmbytjet, me qëllim reduktimin e pasojave negative në shëndetin e njeriut, aktivitetet ekonomike, mjedisin dhe trashëgimin kulturore. Kjo direktiv kërkon përpilimin e hartave të shtrirjes së përmbytjes dhe të riskut të përmbytjeve.

Risku i përmbytjes përcaktohet si probabiliteti i ndodhjes së përmbytjes të shumëzuar me dëmet. Shkalla e dëmeve të shkaktuara nga përmbytjet varet nga numri i banorëve, bagëtia, vlerat ekonomike të investuara në zonën ujëmbledhëse, si dhe madhësia dhe kohëzgjatja e përmbytjes. Dëmet e shkaktuara nga përmbytjet vlerësohen nëpërmjet modeleve statike dhe dinamike. Modelet statike janë funksion i thellësisë së përmbytjes kombinuar me përdorimin e tokës. Modelet dinamike përfshijnë efektin e shpejtësisë përmes përdorimit të matricës së riskut, duke bërë kështu një përmirësim në modelet e vlerësimit të dëmeve të shkaktuara nga përmbytjet. Harta e riskut të përmbytjeve që rezultojnë nga këto modele ofron indikacion të qartë dhe të mjaftueshëm për vendimmarrësit për të mbështetur vendimin e tyre në rast rreziku përmbytjesh.

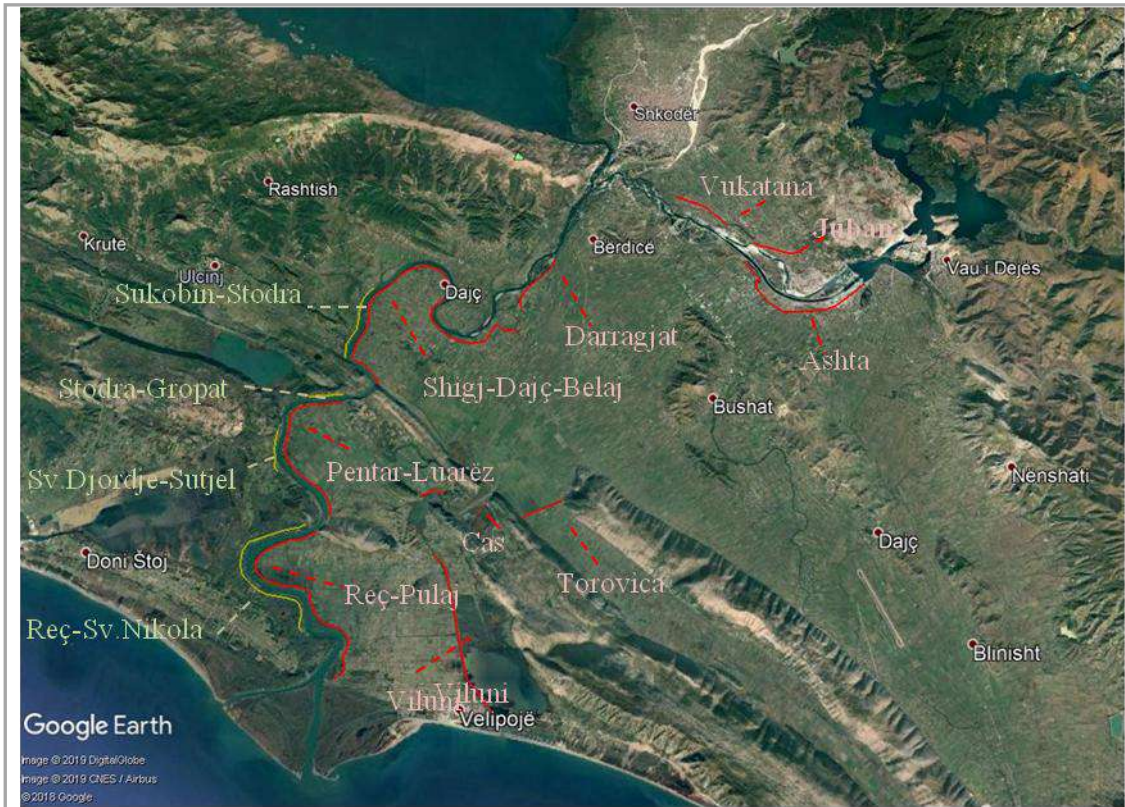
Për të modeluar përmbytjet në zonën e Shkodrës përdoret modeli matematik 2D i ndërtuar në softin SOBEK, i përmendur në kapitullin 5. Në këtë model 2D janë shtuar të dhënat e argjinaturave të ndërtuara në lumin Buna dhe Drin, si dhe në zonën e Nënshkodrës. Janë shtuar gjithashtu dhe të dhënat e sistemit të kullimit të zonës së Nënshkodrës.

### **8.2.1 Argjinaturat në lumin Buna, Drin dhe fushën e Nënshkodrës**

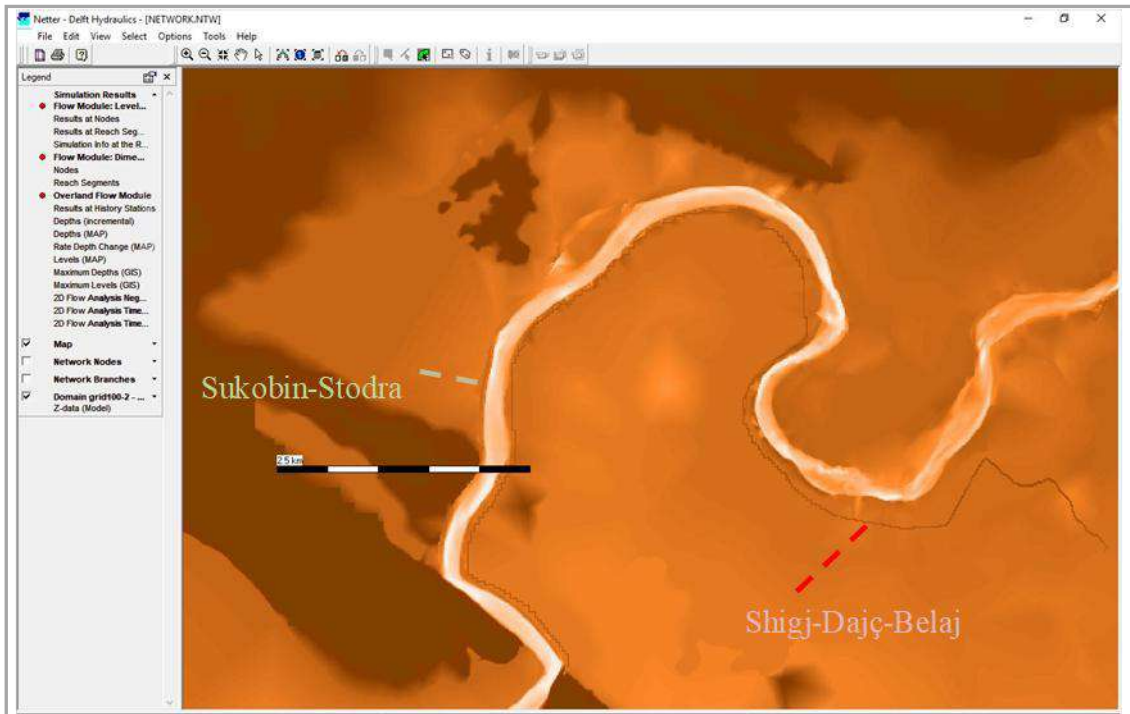
Një element i rëndësishëm në topografinë e terrenit janë argjinaturat e ndërtuar përgjatë lumit Buna, në pjesën e poshtme të lumit Drin pas Vaut të Dejës dhe në fushën e Nënshkodrës. Mbas përmbytjes së ndodhur në vitin 1963 filloi ndërtimi i argjinaturave përgjatë lumit Buna në bregun e majtë dhe të djathtë. Për të mbrojtur zonat e banuara dhe tokat bujqësore vazhdoi ndërtimi i argjinaturave dhe në zonën e Nënshkodrës. Këto argjinatura janë projektuar për të siguruar mbrojtje nga plota me periudhë përsëritje 1 në 50 vjet (2% siguri) bazuar në (Hoxha *et al.*, 2005). Nivelet e argjinaturave janë vendosur në marrëveshje midis Shqipërisë dhe Malit të Zi me qëllim ruajtjen e rrezikut të njëjtë nga përmbytjet në të dy krahët e lumit Buna.

Gjatë përmbytjes së Dhjetorit të vitit 2010 pati dëmtime dhe çarje të argjinaturave përgjatë lumit Buna dhe në fushën e Nënshkodrës. Pas kësaj përmbytje u kryhen punime emergjente për rehabilitimin e argjinaturave bazuar në studimin e kryer nga kompania Mott MacDonald dhe ekspertët shqipëtar të financuar nga Banka Botërore. Punimet emergjente të financuara nga Qeveria Shqipëtare pas përmbytjeve të vitit 2010 përfshinin rehabilitimin me qëllim që të rivendoseshin nivelet e projektimit në argjinaturat përgjatë lumit Buna dhe në fushën e Nënshkodrës.

Argjinaturat kanë një ndikim shumë të madh në përhapjen e përmbytjes në fushën e Nënshkodrës në rast të daljes së lumit Buna dhe Drin nga shtrati. Për këtë arsye në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK janë shtuar të dhënat e argjinaturave në të dy anët e lumit Buna, argjinaturat në pjesën e poshtme të lumit Drin pas Vaut të Dejës dhe argjinaturat e ndërtura në fushën e Nënshkodrës. Në figurën 8.1 paraqiten argjinaturat e ndërtuara përgjatë lumit Buna në pjesën shqipëtare: a) Darragjat, Shirgj–Dajç– Belaj, Pentar– Luarëz, Reç– Pulaj, dhe ato të ndërtuara në pjesën malazeze b) Sukobin– Stodra, Stodra– Gropat, SvetiDjordje– Sutjel dhe Reç– SvetiNikola. Në figurën 8.1 paraqiten gjithashtu dhe argjinaturat e ndërtuara në pjesën e poshtme të lumit Drin pas Vaut të Dejës: Vukatana, Juban dhe Ashta, si dhe argjinaturat e ndërtuara në fushën e Nënshkodrës: Torovica, Casi dhe Viluni. Një element i rëndësishëm i argjinaturave në fushën e Nënshkodrës është dhe kapërderdhësi i Shirgjit. Të dhënat mbi këto argjinatura bazohen në studimet e mëposhtme (Pandazi & Toçi, 2011), (Mott MacDonald, 2012) dhe (Hoxhaj *et al.*, 2015). Të dhënat e këtyre argjinaturave të përmendura më sipër si kuotat dhe dimensionet janë hedhur në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK. Në figurën 8.2 jepet një detaj i argjinaturave të Shirgj– Dajç– Belaj dhe Sukobin– Stodra të përfshira në modelin matematik 2D.



**Figura 8.1:** Vendodhja e argjinaturave të ndërtuara në zonën në studim



**Figura 8.2:** Detaj i argjinaturave të Shirgj- Dajç- Belaj dhe Sukobin- Stodra të përfshira në modelin matematik 2D

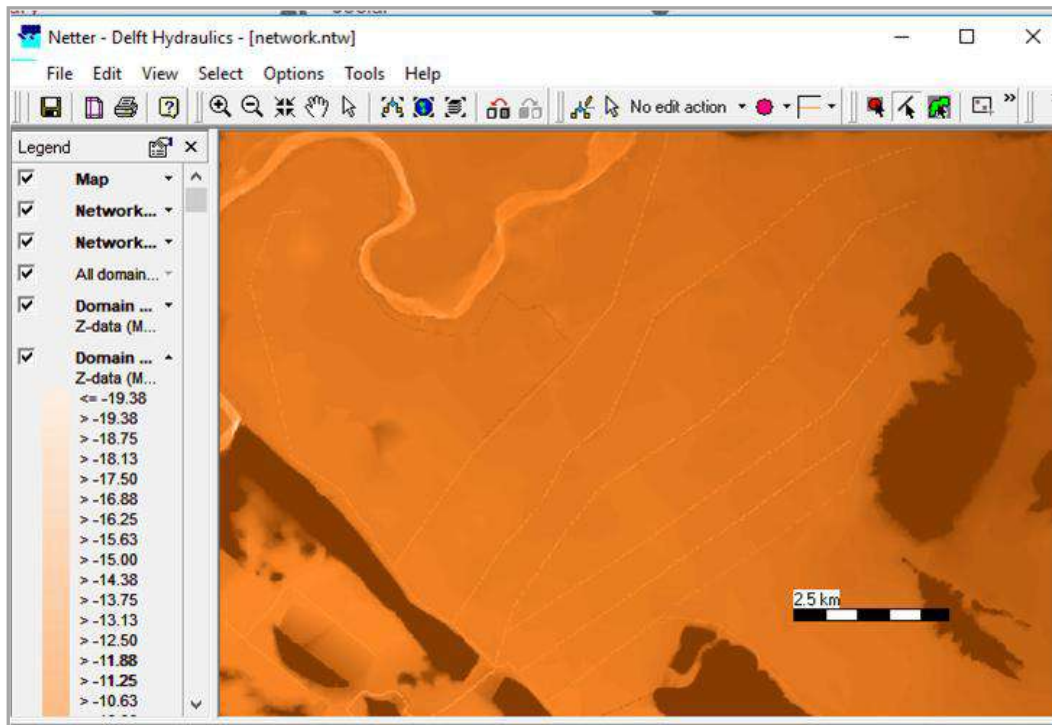
### 8.2.2 Sistemi i kullimit në fushën e Nënshkodrës

Zona e Nënshkodrës është një zonë bujqësore, e cila është pajisur me një sistem ujëtar dhe kullimi. Sistemi i kullimit në fushën e Nënshkodrës shërben për kullimin e tokave bujqësore nga reshjet e shiut si dhe nga uji që vjen si rezultat i daljes së lumenjve Drin dhe Buna nga shtrati në kohë plotash. Sistemi i kullimit në zonën e Nënshkodrës përbëhet nga një sistem kanalesh kullimi me vetërrjedhje. Përjashtim bën sistemi i kullimit të fushës së Pentarit që kullon uëjrat me anë të hidrovorit të Casit në Kanalin e Murtemës dhe sistemi i kullimit të fushës së Velipojës që kullon ujërat me anë të hidrovorit të Vilunit në det. Kullimi i fushës së Trushit kryhet me anë të sistemit të kanaleve kulluese me vetërrjedhje ku bëjnë pjesë: kanalet terciare, sekondare dhe kanalet kryesore KK1, KK2, KK3, KK4, KK5, dhe KK6. Ujërat e mbledhura nga Kanalet Kulluese kryesore KK1 deri KK6 kalojnë në Kanalin e Murtemës dhe më pas me anë të lagunës së Vilunit ato derdhen në detin Adriatik. Në figurën 8.3 paraqitet sistemi i kullimit të ujërave në fushën e Nënshkodrës, ku si sfond është përdorur harta Google Earth.

Sistemi i kullimit ka një ndikim të konsiderueshëm në shkarkimin e ujërave prej fushës së Nënshkodrës që vijnë si rezultat i daljes së lumenjve Drin dhe Buna nga shtrati. Për këtë arsye në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK janë shtuar të dhënat e sistemit të kullimit (kuotat dhe dimensionet) të fushës së Nënshkodrës. Thellësia e kanaleve kulluese të përmendura më sipër që janë përfshirë në modelin matematik 2D varion nga 2 m deri në 4 m. Në figurën 8.4 jepet një detaj i sistemit të kullimit të Fushës së Trushit të përfshirë në modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK.



**Figura 8.3:** Vendodhja e sistemit të kullimit në fushën e Nënshkodrës



**Figura 8.4:** Detaj i sistemit të kullimit në fushën e Trushit të përfshirë në modelin matematik 2D të përmytjeve

### 8.2.3 Modeli matematik 2Dimensional i përmytjeve për zonën e studimit

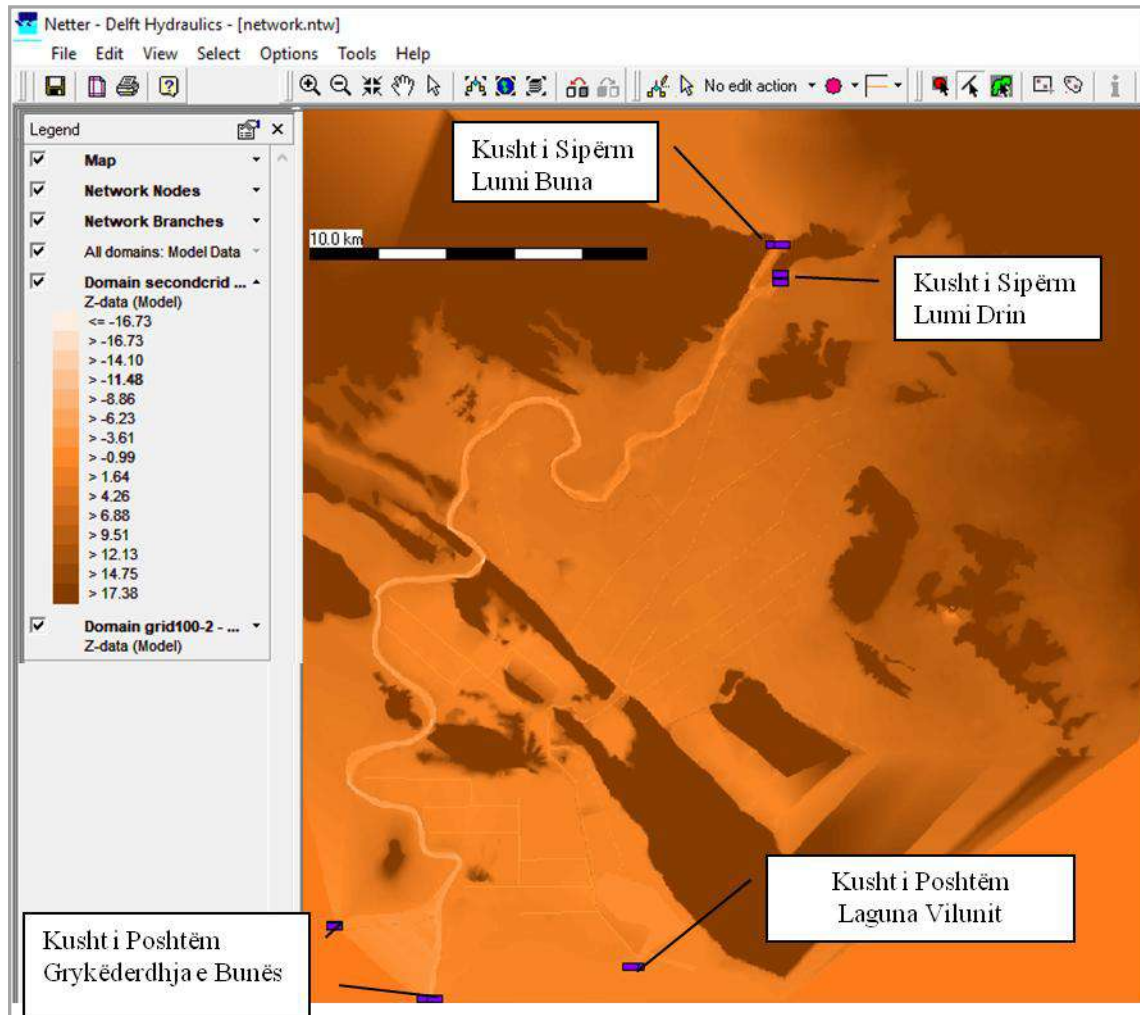
Në modelin matematik 2D të përmytjeve për zonën e Shkodrës të ndërtuar në softin SOBEK janë përdorur si kusht kufitar i sipërm: hidrografi i prurjeve në Urën e Bunës. Me anë të këtij kushti kufitar merren parasysh prurjet që dalin nga liqeni i Shkodrës dhe hyjnë në lumin Buna.

Një tjetër kusht kufitar i sipërm është përdorur dhe hidrografi i prurjeve në Urën e Bahçellëkut në lumin Drin. Ky kusht kufitar bën të mundur marrjen në konsideratë të prurjeve që hyjnë në Bunë nga lumi Drin. Lumi Drin është një degë me ndikim të madh në rrjedhën e lumit Buna, dhe dalja e lumit Drin nga shtrati ndikon në përmytjen e zonës së Nënshkodrës.

Kushti kufitar i sipërm është vendosur në Urën e Bahçellëkut dhe jo në Vaun e Dejës për arsyet e mëposhtme: a) nuk disponohet hidrografi i prurjeve të shkarkimeve nga hidrocentrali i Vaut të Dejës, dhe b) nuk janë bërë matje profilash tërthorë për pjesën e lumit Drin nga Ura e Bahçellëkut deri në dalje të hidrocentralit të Vaut të Dejës.

Kusht kufitar i poshtëm është përdorur hidrografi i niveleve të ujit në grykëderdhjen e lumit Buna në pjesën shqipëtare dhe në pjesën malazeze, si dhe hidrografi i niveleve të ujit në lagunën e Vilunit. Me anën e kushteve kufitare të poshtme merren parasysh efektet e luhatjeve të nivelit të detit Adriatik në përhapjen e përmytjeve në zonën e Shkodrës. Në figurën 8.5 paraqitet pamja e modelit matematik 2D të përmytjeve për zonën në studim të ndërtuar në softin SOBEK.

Kushti fillestar është një faktor i rëndësishëm që ndikon në rezultatet e modelit matematik 2D. Ky element lidhet me nivelet fillestare të ujit në Urën e Bunës dhe në Urën e Bahçellëkut para fillimit të plotës (tregojnë gjendjen e sistemit ujqor para fillimit të plotës). Këto nivele uji janë marrë nga të dhënat e stacioneve online.



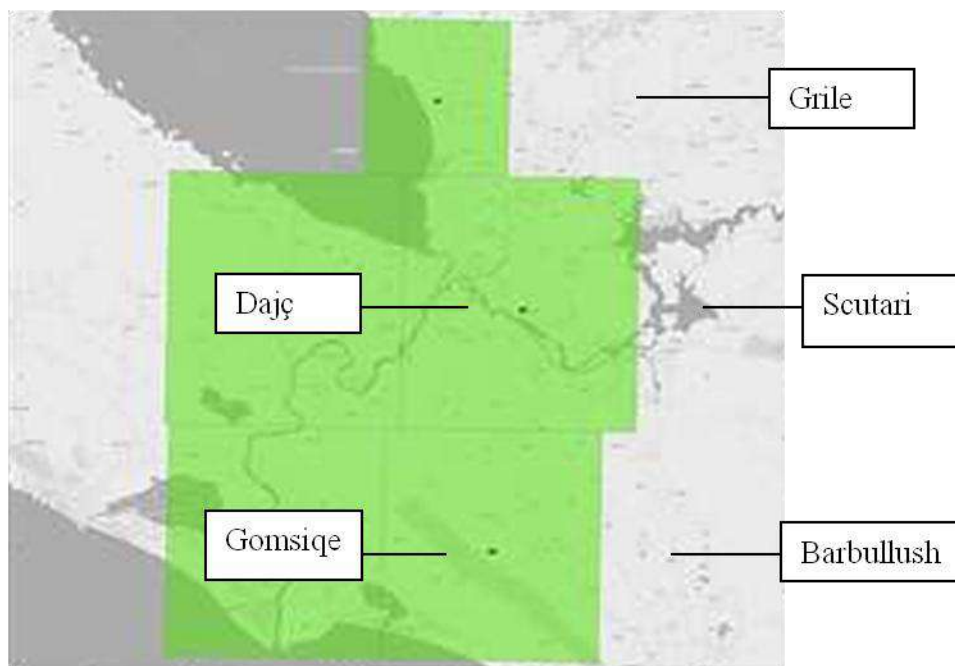
**Figura 8.5:** Pamje e modelit matematik 2D të përmytjeve për zonën në studim

### **8.3 Modelimi i përmytjes së Marsit 2018 për zonën në studim**

Për modelimin matematik të përmytjeve në Tërësinë Ujqore të Liqenit të Shkodres, Lumit Drin dhe Buna është përdorur plotat e Marsit të vitit 2018. Kjo plotë është përzgjedhur sepse për të disponohen hartat e observuara të shtrirjes së përmytjes në ditë të ndryshme të saj. Këto harta të shtrirjes së përmytjes të bazuara në imazhet satelitore krahason me hartat e shtrirjes së përmytjes që rezultojnë nga modeli matematik 2D. Krahasimi i hartave të shtrirjes së përmytjes bën të mundur vlerësimin e performancës së modelit matematik 2D të përmytjeve për zonën në studim.

### 8.3.1 Hartat e observuara të përmblytjes së Mars-it 2018

Për përmblytjen e Marsit të vitit 2018 janë të disponueshme hartat e observuara të shtrirjes së përmblytjes të gjeneruara nga programi Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS). Programi Copernicus EMS është i financuar nga Komisioni Europian dhe siguron informacion për rreziqe të ndryshme natyrore ose të shkaktuara nga njeriu. Hartat e shtrirjes së përmblytjes së Marsit 2018 në zonën e Shkodrës janë gjeneruar bazuar në imazhet satelitore (me saktësi 10 m) të siguruar nga satelitët Sentinel-1 dhe RADARSAT 2. Pë ndërtimin e hartave të përmblytjeve Copernicus EMS e ka ndarë zonën e Shkodrës në pesë zona (Grile, Dajç, Scutari, Gomsiqe dhe Barbullush) siç tregohen në figurën e mëposhtme 8.6. Hartat e shtrirjes së përmblytjeve të gjeneruara nga programi Copernicus EMS janë në formatet PDF, JPG, TIFF dhe në formatin Vector. Në figurën 8.7 paraqitet harta e shtrirjes së përmblytjes për zonën e Dajçit në formatin JPG të gjeneruar nga programi Copernicus EMS.



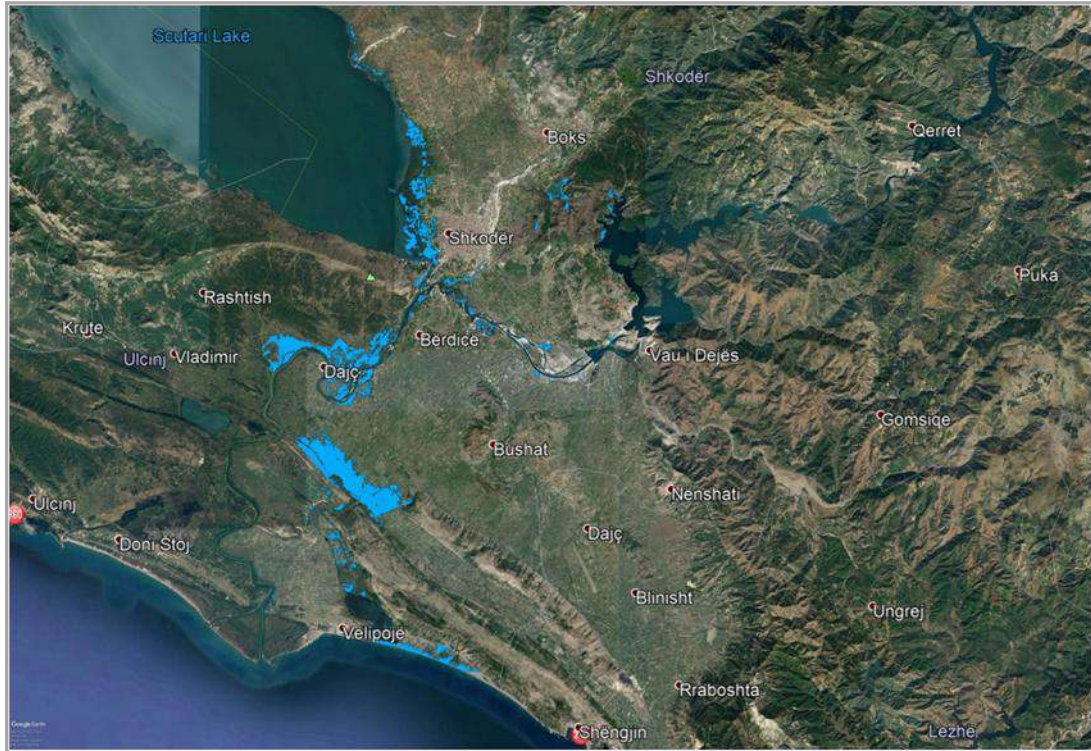
**Figura 8.6:** Zonat e përdorura nga Copernicus EMS për gjenerimin e hartave të shtrirjes së përmblytjes



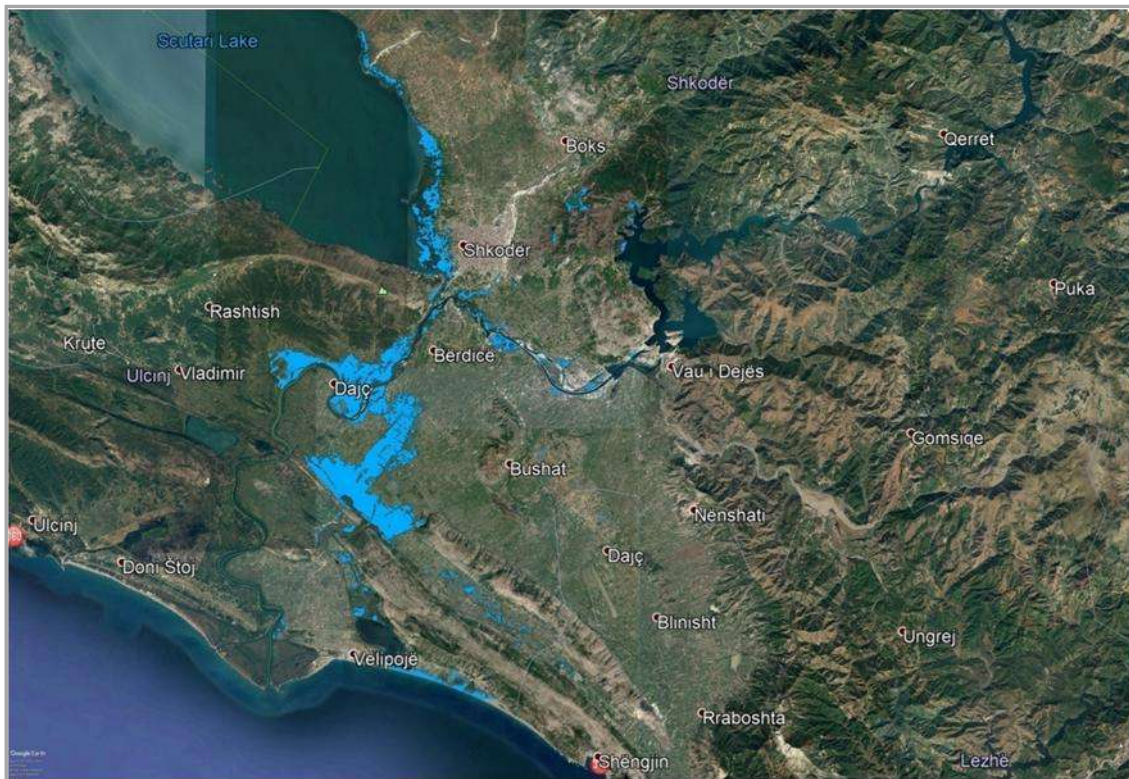
**Figura 8.7:** Harta e shtrirjes së përmytjes për zonën e Dajçit gjeneruar nga Copernicus EMS

Hartat e observuara të shtrirjes së përmytjes për të pesë zonat e përmendura më sipër janë gjeneruar nga programi Copernicus EMS për ditët 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018. Hartat e observuara të shtrirjes së përmytjes për zonën në studim u gjeneruan duke përdorur softin ArcGIS mbas bashkimit dhe përpunimit të hartave të përmytjes (në formatin Vector) të pesë zonave në rajonin e Shkodrës të përmendura më sipër. Në figurat e mëposhtme 8.8, 8.9, 8.10, 8.11 paraqiten hartat e shtrirjes së përmytjes për datat 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018 të përpunuara në softin ArcGIS.

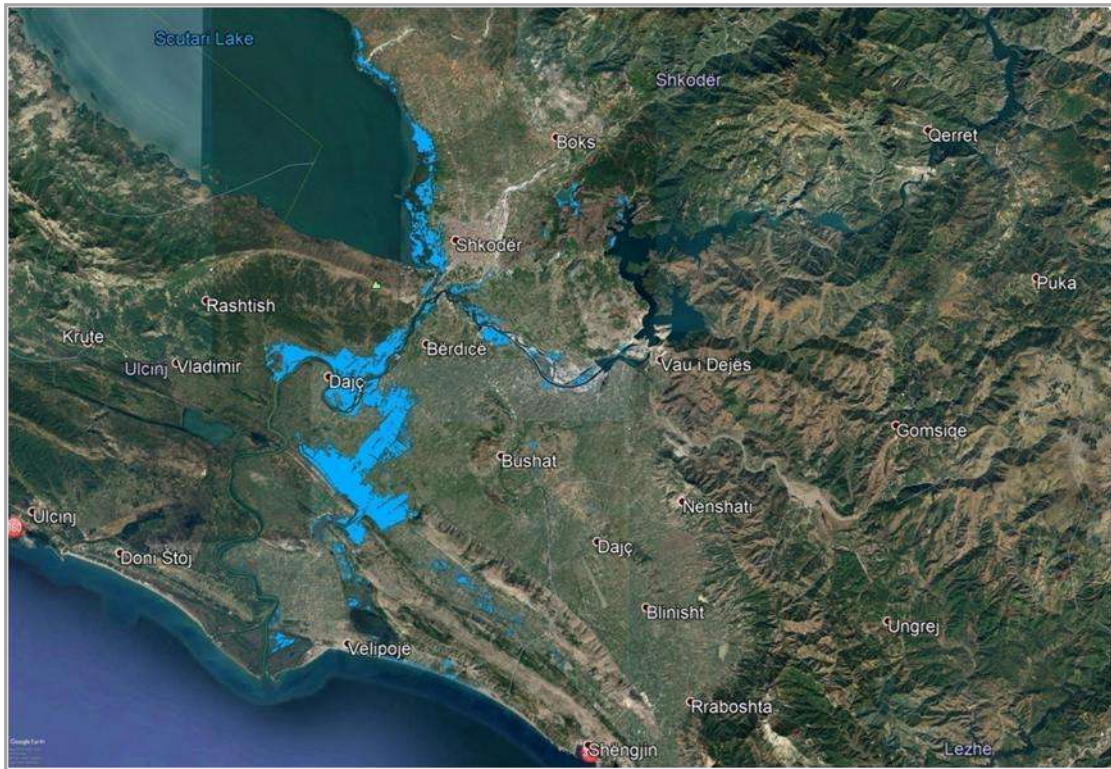




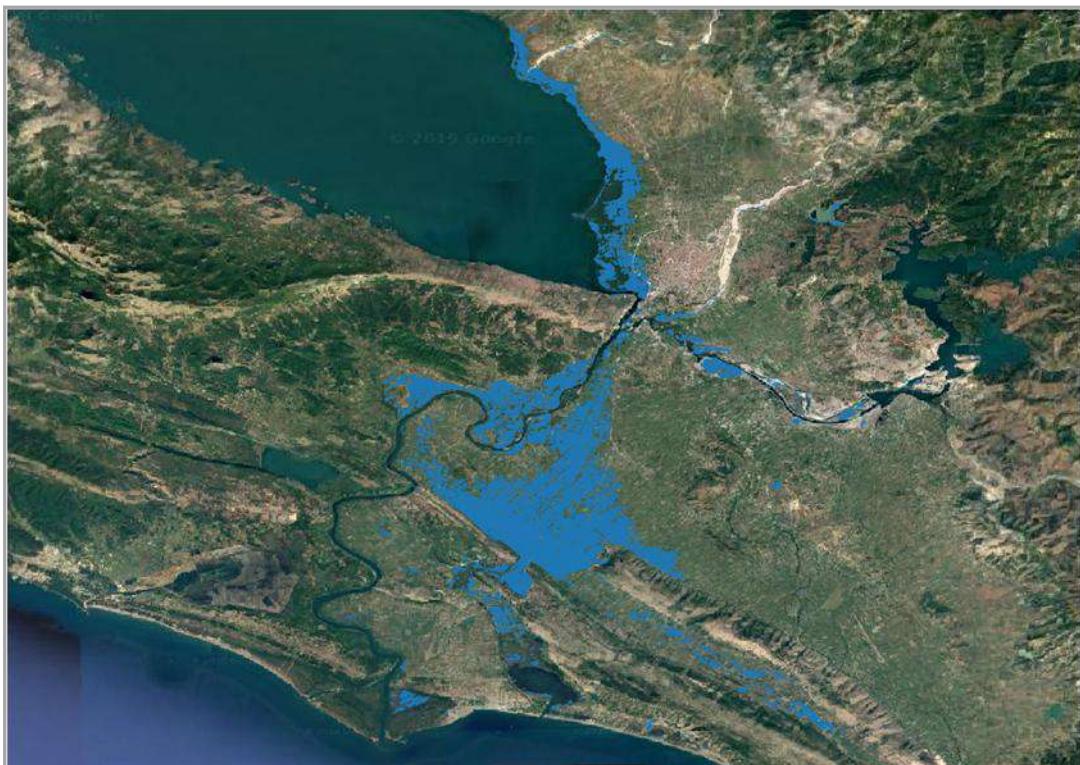
**Figura 8.8:** Harta e shtrirjes së përmytjes për dt.12 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS



**Figura 8.9:** Harta e shtrirjes së përmytjes për dt.14 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS



**Figura 8.10:** Harta e shtrirjes së përmytjes për dt.18 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS



**Figura 8.11:** Harta e shtrirjes së përmytjes për dt.22 Mars 2018 e përpunuar në softin ArcGIS

### 8.3.2 Plota e Marsit 2018 për zonën në studim

Si rezultat i shirave të rënë në periudhën Shkurt– Mars 2018 në basenin e Tërësisë Ujore të Liqenit të Shkodrës, Lumit Drin dhe Buna, pati një rritje të niveleve të ujit në lumenjtë Drin dhe Buna. Kjo rritje çoi në daljen e lumit Buna nga shtrati dhe përmbytjen e zonës së Shkodrës në muajin Mars. Në figurën 8.12 paraqitet një foto e zonës përreth liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna në datën 17 Mars 2018, Burimi: Amparo Samper Hiraldo. Në figurën 8.13 paraqitet një foto e zonës në hyrje të qytetit të Shkodrës gjatë përmbytjes së Marsit 2018 (Foto Përmbytje Shkodër, 2018).



**Figura 8.12:** Pamje e zonës përreth liqenit të Shkodrës dhe lumit Buna në dt.17 Mars 2018.

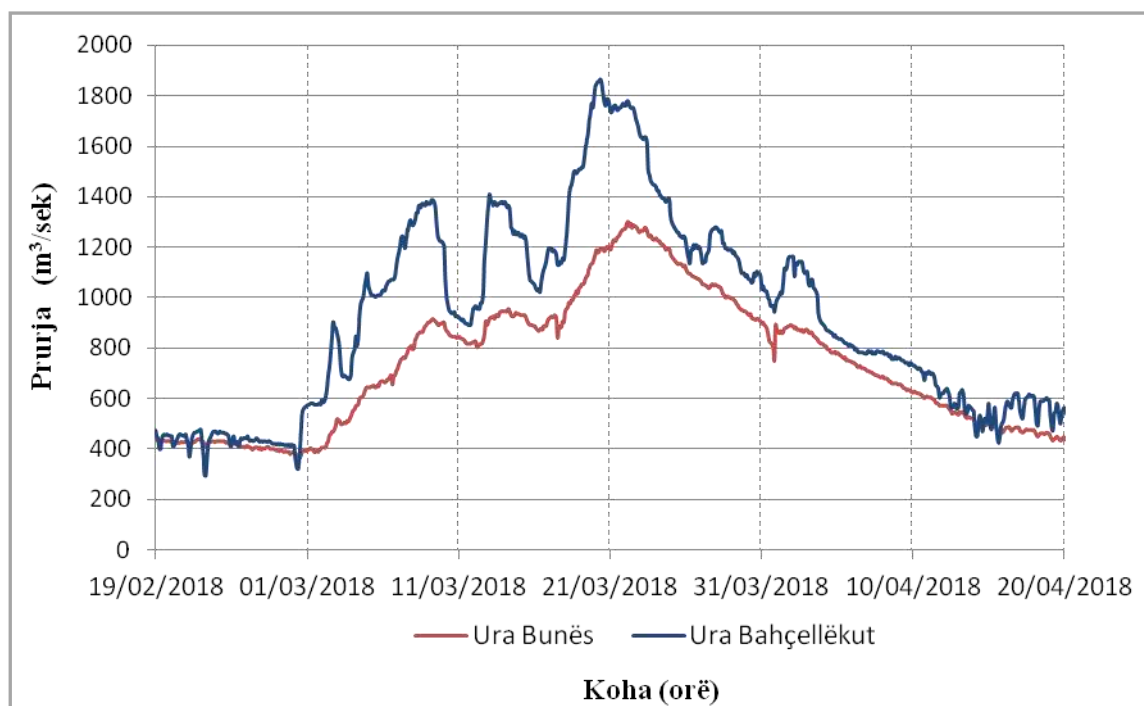


**Figura 8.13:** Pamje e zonës në hyrje të qytetit të Shkodrës gjatë përmbytjes së Marsit 2018

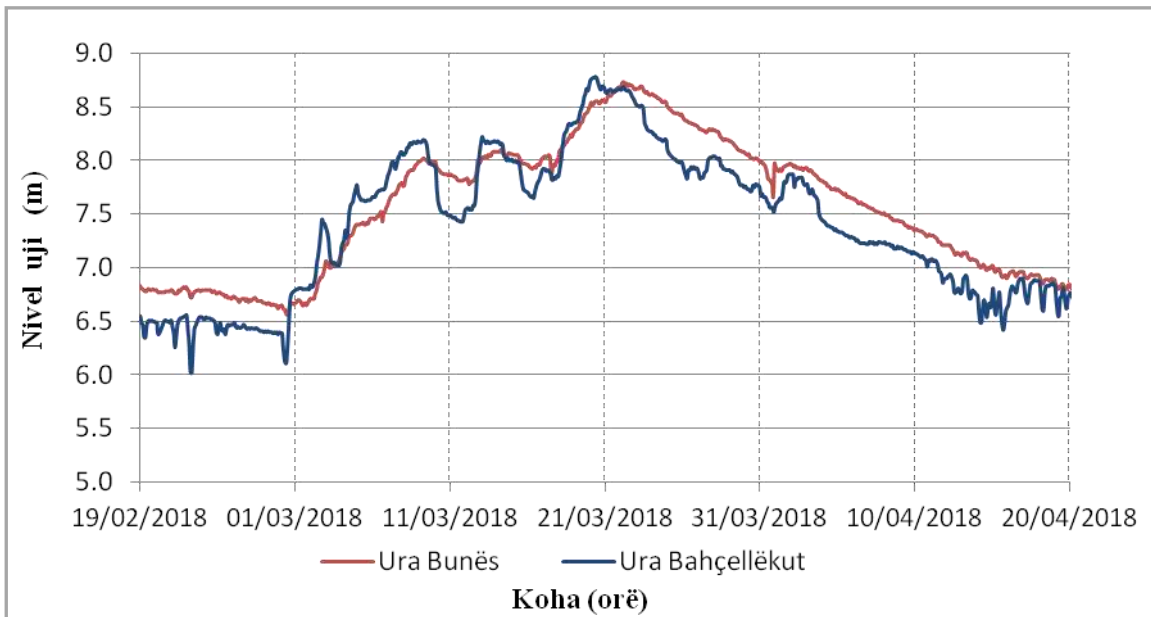
Për modelimin matematik të përmytjes së Marsit 2018 në zonën e Shkodrës janë përdorur si kusht kufitar i sipërm hidrografët e prurjes në stacionet automatike on-line Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën kohore 20/02/2018– 20/04/2018 të paraqitura në grafikun në figurën 8.14.

Hidrografët e prurjeve për stacionet Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut janë llogaritur duke konvertuar nivelet e ujit në këto stacione në prurje bazuar në kurbat e prurjes (GIZ, 2018). Në grafikun në figurën 8.15 paraqiten nivelet orare të ujit të marra nga stacionet automatike Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e plotës së Marsit 2018.

Si kushte fillestare janë përdorur nivelet e ujit në Urën e Bunës dhe në Urën e Bahçallëkut të marrë nga të dhënat e stacioneve online. Këto nivele uji kanë ndikim në rezultatet e modelit matematik 2D për përmytjen e zonës në studim, pasi paraqesin gjendjen e sistemit ujqor para ardhjes së plotës.

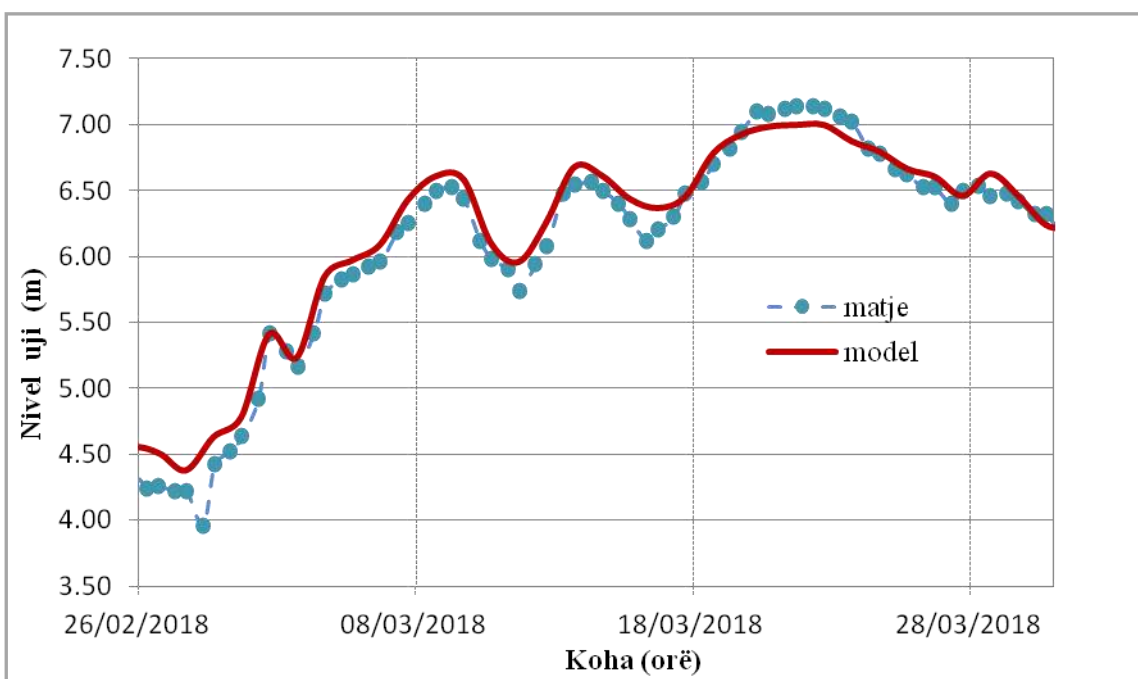


**Figura 8.14:** Hidrografët e prurjes prej lumit Buna dhe Drin për plotën e Marsit 2018



**Figura 8.15:** Hidrografët e niveleve prej lumit Buna dhe Drin për plotën e Marsit 2018

Kusht kufitar i poshtëm është përdorur hidrografi i niveleve në grykëderdhjen e lumit Buna (deti Adriatik) në pjesën shqipëtare dhe në pjesën malazeze, si dhe hidrografi i niveleve në lagunën e Vilunit (deti Adriatik). Në kufijtë e poshtëm të modelit matematik nuk disponohen nivele të matura të ujit në detin Adriatik. Për këtë arsye është përdorur hidrografi i niveleve të ujit në detin Adriatik duke marrë një nivel mesatar deti 0.3 m dhe duke mbivendosur efektin e baticës  $\pm 0.2$  m. Në grafikun në figurën 8.16 paraqiten nivelet e ujit të simuluar nga modeli matematik 2D i përmbytjeve kundrejt atyre të matura në stacionin e Dajçit për për plotën e Marsit 2018. Nivelet e ujit të matur në stacionin e Dajçit bazohen në matjet manuale në orën 07<sup>00</sup> dhe 17<sup>00</sup>.



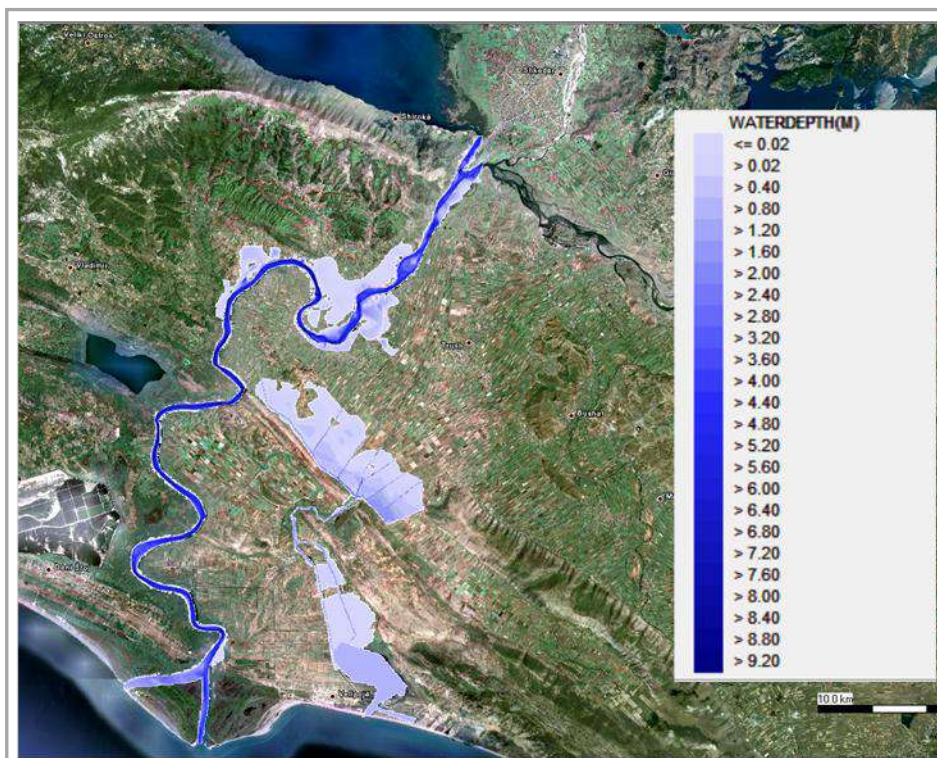
**Figura 8.16:** Nivelet e ujit të simuluar nga modeli i përmbytjeve kundrejt matjeve në stacionin e Dajçit për plotën e Marsit 2018

Bazuar në krahasimet grafike në figurën 8.16 në përgjithësi ekziston një marrëdhënie e mirë midis niveleve të ujit të matur në stacionin e Dajçit dhe atyre të simuluar nga modeli 2D i ndërtuar në SOBEK. Rezultatet e modelit 2D duken se përafrojnë shumë mirë kohën e pikut të plotës, por nënvlerësojnë pak nivelet e pikut të plotës.

Diferencat midis niveleve të ujit të simuluar nga modeli matematik 2D kundrejt atyre të matura janë kryesisht brenda intervalit  $\pm 15$  cm. Kjo vlerë shmangiesh është një vlerë e pranueshme për modelet hidrodinamike të përmbytjeve. Bazuar në kriteret statistikore vlerat e gabimeve të modelit matematik 2D për periudhën e plotës së Marsit 2018 janë: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE) = 17 cm, Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE) = 14 cm, dhe Koeficienti i Korrelacionit (R) = 0.97.

Rezultatet e modelit matematik 2D paraqesin dinamikën e përmbytjes së Marsit 2018 në ditë të ndryshme. Ato paraqesin hartat e shtrirjes së përmbytjes, hartat e niveleve dhe shpejtësive të ujit në ditë të ndryshme, si dhe kohëzgjatjen e përmbytjes për zona të ndryshme. Në figurat 8.17, 8.18, 8.19, 8.20 paraqiten hartat e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit në datat respektive 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018 që rezultojnë prej modelit 2D të përmbytjeve të ndërtuar në softin SOBEK.

Harta e shtrirjes së përmbytjes prej modelit matematik 2D nuk përfshin përhapjen e përmbytjes në zonën e liqenit të Shkodrës. Në mënyrë që të llogaritet përmbytja në zonën e liqenit të Shkodrës është e nevojshme të përfshihen në modelin matematik 2D të dhënat e batimetrisë së liqenit të Shkodrës, si dhe të dhënat e prurjeve hyrëse në liqenin e Shkodrës. Me qëllim që të llogaritet prej modelit matematik 2D përmbytja prej lumit Drin, nevojiten të dhënat e shkarkimeve prej hidrocentralit të Vaut të Dejës. Janë të nevojshme gjithashtu dhe matje të topografisë së shtratit të lumit Drin prej Vaut të Dejës deri në nyjen e bashkimit me lumin Buna.



**Figura 8.17:** Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt.12 Mars 2018

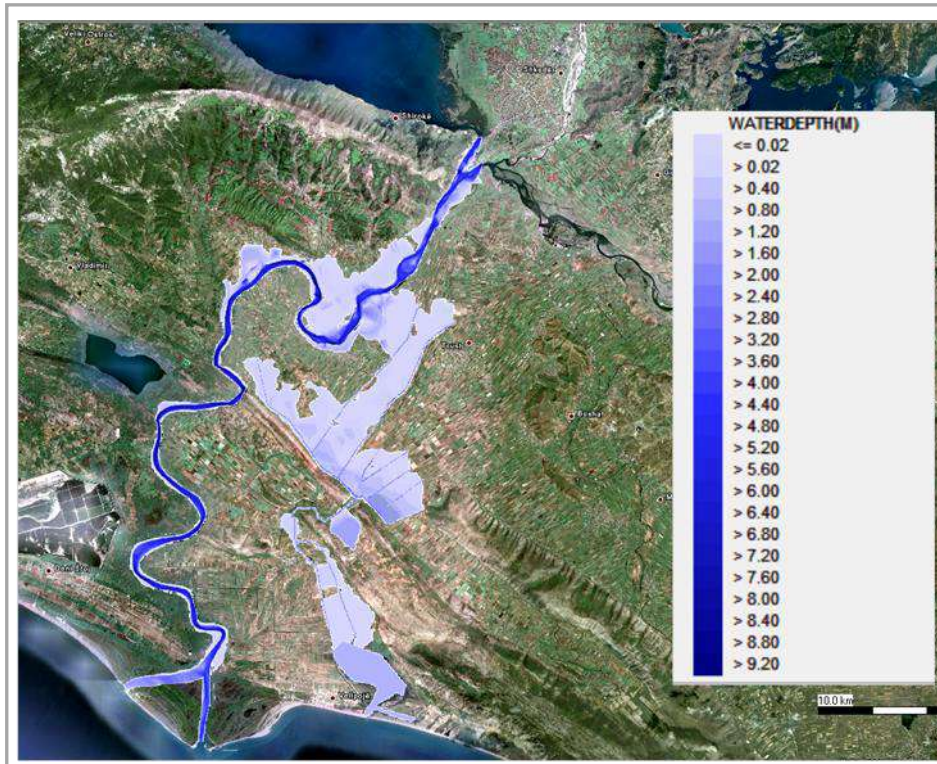


Figura 8.18: Harta e shtrirjes së përmytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt. 14 Mars

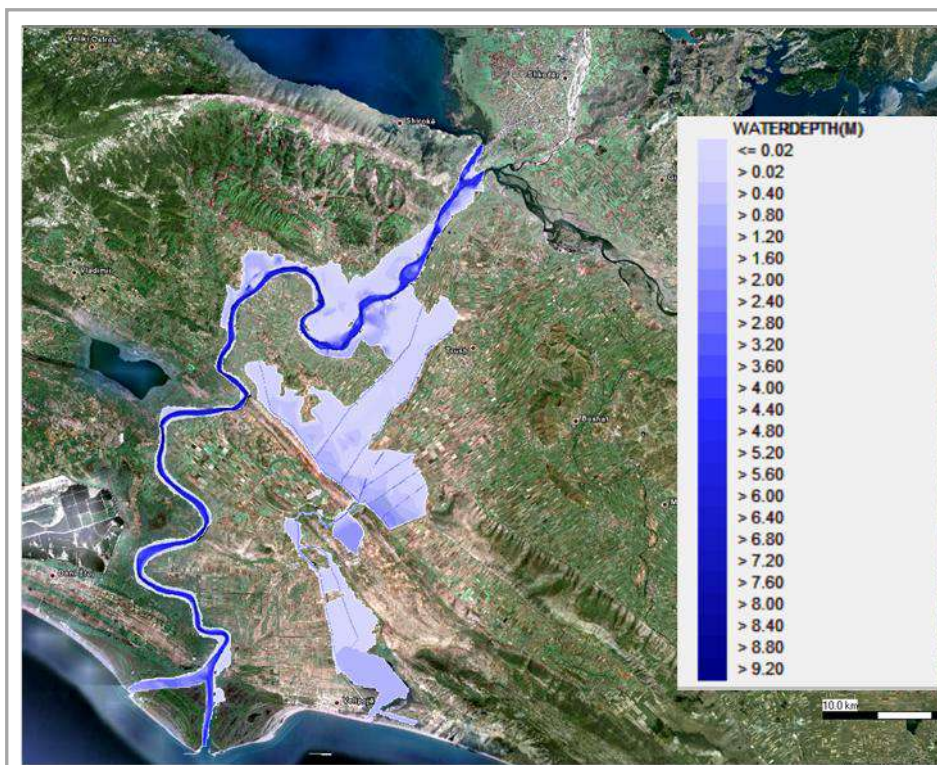
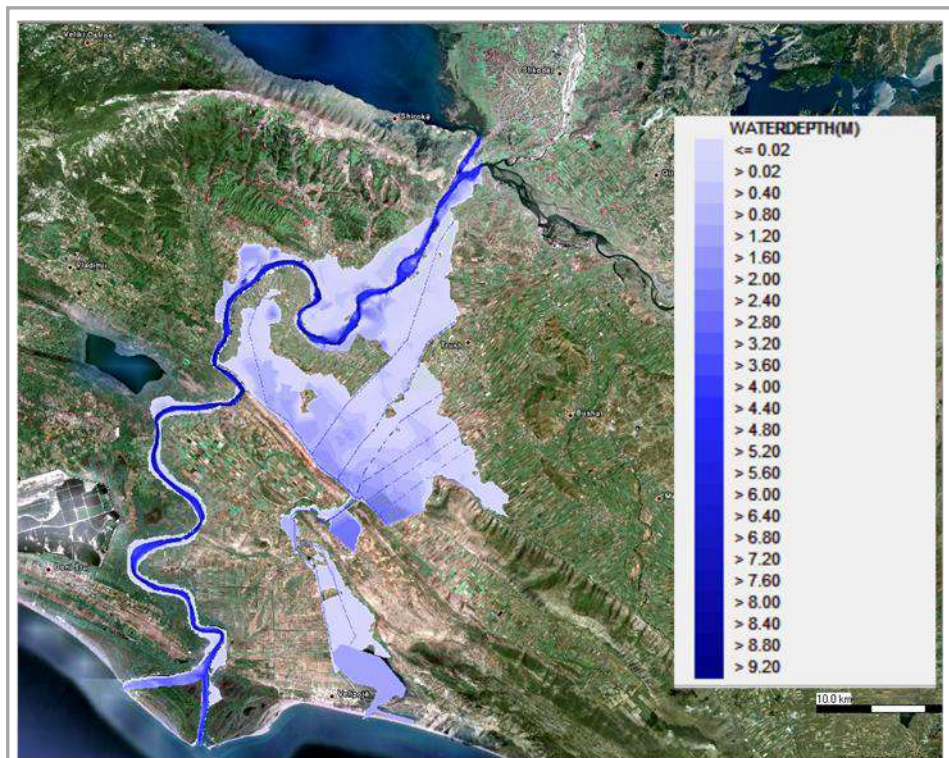


Figura 8.19: Harta e shtrirjes së përmytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt.18 Mars



**Figura 8.20:** Harta e shtrirjes së përmbytjes dhe e thellësive të ujit prej modelit 2D në dt. 22 Mars 2018

Hartet e shtrirjes së përmbytjes në ditë të ndryshme të plotës së Marsit 2018 që rezultojnë prej modelit matematik 2D krahasohen me hartat e shtrirjes së përmbytjes të observuara. Hartat e shtrirjes së përmbytjes të observuara bazohen në imazhet satelitore të gjeneruar nga programi Copernicus EMS. Këto harta janë një mjet shumë i vlefshëm për të vlerësuar performancën e modelit matematik 2D të përmbytjeve.

Për të vlerësuar e modelit matematik 2D të përmbytjeve nuk mjafton vetëm harta e shtrirjes maksimale të përmbytjes së vrotuar, por është e nevojshme të njihet dhe dinamika e përhapjes së përmbytjes në kohë. Hartat e shtrirjes së përmbytjeve të vrotuara nga satelitët në datat 12, 14, 18 dhe 22 Mars 2018 vlejné për të testuar modelin matematik. Me anë të tyre vlerësohet sesa modeli matematik është në gjendje të parashikojë në mënyrë të saktë momentin e përmbytjes për zona të ndryshme.

Nga krahasimi i hartave të shtrirjes së përmbytjes prej modelit 2D në datat 12, 14, 18, 22 Mars 2018 (figurat 8.17, 8.18, 8.19, 8.20) me hartat e observuara (figurat 8.8, 8.9, 8.10, 8.11) rezulton se në përgjithësi zonat kryesore të përmbytjes poshtë liqenit të Shkodrës dhe Urës së Bahçellëkut janë kapur mirë nga modeli matematik 2D. Rezultatet e modelit matematik 2D tregojnë një mbivlerësim të lehtë të zonës së përmbytur në krahasim me observimet, më e dukshme në datat 12, 14, 18 Mars 2018.

Rezultatet e modelit 2D tregojnë se lumi Buna del nga shtrati në fillim në krahun e djathtë, duke përmbytur fshatrat në komunën Ana e Malit. Thellësia maksimale e përmbytjes në këtë pjesë varion nga 0.8 m në 1.6 m. Më pas lumi Buna del nga shtati në krahun e majtë duke kaluar në kapërderdhësin e Shirgjit (kuota e kreshtës 6m) dhe drejtohet në fushën e Trushit duke përmbytur fshatrat në komunën e Dajçit, Bërdicës, Velipojës dhe Bushatit. Thellësia maksimale e përmbytjes në këtë pjesë varion nga 1 m



deri në 2 m. Në këtë zonë uji kufizohet nga argjinatura e Torovicës dhe e Casit. Kjo rrjedhje uji kalon në drejtim të Kolektorit të Murtemës dhe më pas derdhet në detin Adriatik nëpërmjet lagunës së Vilunit e kufizuar dhe nga argjinatura e Vilunit (Abazi, 2019).

Rezultatet e modelit matematik 2D tregojnë se gjatë plotës së Marsit 2018, vihet re rritja e sipërfaqes së përmytjes (pas kalimit të pikut të plotës prej Drinit) në fushën e (Nënshkodrës) Trushit si rezultat i ngadalësimit të largimit të ujërave prej Kanalit të Murtemës. Kjo gjë çon në pengimin e shkarkimit të ujërave prej lumit Buna në pjesën e sipërme mbi Shirgj dhe për pasojë në rritjen e niveleve të ujit në liqenin e Shkodrës. Më pas me largimin e ujërave prej fushës së Nënshkodrës (Trushit) vihet re rritja e shkarkimeve të lumit Buna prej liqenit të Shkodrës dhe rënia e niveleve në lumin Buna.

## KAPITULLI 9. PËRFUNDIME DHE REKOMANDIME

### 9.1 Përfundime

Lumi Buna me një gjatësi të përgjithshme prej rreth 44 km, është pjesë e Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna. Kjo Tërësi ujore grumbullon ujërat e një pellgu me sipërfaqe të përgjithshme prej rreth 20,000 km<sup>2</sup>. Liqeni i Shkodrës prej nga buron lumi Buna është liqeni më i madh në gadishullin e Ballkanit. Drini, i cili derdhet në Bunë (rreth 1.5 km pas daljes së Bunës nga liqeni i Shkodrës) është lumi më i madh në vendin tonë, përta i përket sipërfaqes së pellgut ujëmbledhës dhe shkallës së ujëshmërisë.

Tërësia Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna përbën një sistem hidrografik të komplikuar pasi rrjedha e ujit e formuar nga një pellg ujëmbledhës kaq i madh përqëndrohet në lumin Buna. Lumi Buna konsiderohet një lum fushor, por që mbledh ujërat e një pellgu të madh kryesisht malor dhe nëpërmjet shtratit të tij ujërat e kësaj Tërësie Ujore shkarkohen në detin Adriatik.

Për studimin e rrjedhjes në shtretër të hapur aplikohen modelet matematikë 1Dimensional dhe 2Dimensional. Modelet 1D, të cilët përafrojnë topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë, marrin parasysh ndryshime të variablave hidraulike (shpejtësi dhe thellësi uji) kryesisht në drejtim të rrjedhjes. Këto modele kanë një kohë të shkurtër simulimi.

Modelet 2D, të cilët bazohen në rrjetën 2D të terrenit për të paraqitur topografinë e shtratit të lumit dhe fushës që përmytet, marrin parasysh komponentet e shpejtësisë në drejtimet x dhe y në planin horizontal ( $V_x$  dhe  $V_y$ ). Këto modele kanë një kohë të gjatë simulimi.

Modelet e kombinuar 1D/2D paraqesin topografinë e shtratit të lumit me anë të seksioneve tërthorë, ndërsa kur lumi del nga shtrati topografia e fushës që përmytet paraqitet me anë të rrjetës 2D të terrenit. Këto modele janë shumë efektive sepse japin rezultate të sakta dhe reduktojnë kohën e simulimit.

Për studimin e regjimit ujqor të Tërësisë Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna janë ndërtuar modelet matematikë 1D dhe 2D duke përdorur softin SOBEK. Programi SOBEK është një paketë softesh të integruar për menaxhimin e sistemeve ujore, ku përfshihen sistemet lumore dhe urbane. Ky soft është zhvilluar nga Instituti Deltares në Delft, Hollandë.

Modeli matematik 1D paraqet topografinë e shtratit të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të Drinit (rreth 1km para bashkimit me lumin Buna) me anë të 395 seksioneve tërthore me distancë rreth 100 m nga njëri-tjetri. Seksionet tërthorë bazohen në matjet topografike, të kryer në rajonin e studimit në periudhën 2005– 2006, nga Akademia e Shkencave e Shqipërisë dhe Akademia e Shkencave dhe Arteve e Malit të Zi. Ky numër i konsiderueshëm seksionesh tërthore bën të mundur një model të saktë 1D.

Modeli matematik 1D i ndërtuar në softin SOBEK bazohen në ekuacionet 1D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve (ekuacioni i ruajtjes së masës dhe ruajtjes së momentit) modeli matematik 1D përdor skemën numerike të diferencave të fundme,

skema– Delft. Hapi i diskretizimit hapësinor është pranuar  $\Delta x = 10$  m, për të garantuar një zgjidhje të saktë.

Modeli matematik 2D bazohet në përfaqësimin e topografisë së shtratin të lumit dhe fushës që përmytet me anë të rrjetës drejtkëndore 2D të terrenit. Rrjeta 2D është gjeneruar në softin ArcGIS duke integruar Modelin Dixhital të Terrenit (DTM) për shtratin e lumit Buna dhe pjesës së poshtme të lumit Drin me modelin e hartave dixhitale në shkallë 1:10 000.

Modeli matematik 2D i ndërtuar në softin SOBEK bazohen në ekuacionet 2D të Saint-Venant. Për zgjidhjen e këtyre ekuacioneve (ekuacioni i ruajtjes së masës dhe momentit në drejtimin  $x$  dhe  $y$ ) modeli matematik 2D përdor skemën numerike të diferencave të fundme, skema– Delft. Hapi i diskretizimit hapësinor është pranuar  $\Delta x = \Delta y = 15$  m, për të garantuar një zgjidhje të saktë.

Madhësia e qelizës së rrjetës 2D është zgjedhur 15 m, për të paraqitur saktë topografinë e shtrati të lumit dhe fushës që përmytet. Madhësi qelize më të vogla se 15 m e bënin modelin më të saktë por rrisnin numrin total të qelizave të rrjetës 2D. Gjë që rriste kohën e simulimit të modelit dhe haste në kufizimin që ka softi në lidhje me numrin total të qelizave të rrjetës 2D që mund të përballojë.

Softi SOBEK bën të mundur modelimin e kombinuar 1D/2D, ku rrjedhja e ujit në shtratin e lumit modelohet në 1D, ndërsa rrjedhja në fushë modelohet në 2D. Kjo teknikë modelimi bazohet në faktin që gjerësia e shtratin të lumit është më e vogël se qeliza e rrjetës 2D të terrenit. Ajo mund të aplikohet për lumenj relativisht të ngushtë me një fushë të gjerë që përmytet. Lumi Buna dhe pjesa e poshtme e lumit Drin kanë një shtrat të gjerë që varion mesatarisht nga 300– 600 m. Kjo gjë bën që modelimi i kombinuar 1D/2D të jetë i papërshtatshëm për tu aplikuar.

Një element shumë i rëndësishëm në procesin e ndërtimit të një modeli matematik është kalibrimi. Kalibrimi i modelit matematik 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK është kryer sipas metodës tradicionale Trial-and-error. Kjo metodë bazohet në ndryshimin manual të koeficientit të ashpërsisë “ $n$ ” sipas Manning me qëllim që modeli të përafrohet matjeve në terren me një saktësi të pranueshme.

Modelet matematik 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK janë kalibruar për seritë kohore të matjeve të nivelit të ujit në stacionet automatike Dajç (lumi Buna), Ura e Bunës (lumi Buna), dhe Ura e Bahçellëkut (lumi Drin) për periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta 06/11/2014–18/11/2014 dhe të larta 25/01/2015–24/02/2015 (një plotë karakteristike për lumin Buna me kohëzgjatje rreth një muaj). Të dhënat e niveleve të ujit prej stacioneve automatike që u përdorën ishin orare, të cilat japin një mundësi të mirë për një kalibrim të detajuar të modeleve matematikë 1D dhe 2D.

Performanca e modeleve matematikë gjatë fazës së kalibrimit është vlerësuar me anë të metodës së krahasimit grafik të niveleve të ujit të matura kundrejt atyre të simuluar, dhe testeve statistikore në stacionin e Dajçit. Mbas shumë simulimesh janë përdorur vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning “ $n$ ”. Vlera ( $n_1$ ) është përdorur për pjesën e seksionit tërthor në shtratin kryesor të lumit për modelin 1D dhe për qelizate rrjetës drejtkëndore që ndodhen në shtratin kryesor të lumit për modelin 2D. Vlera ( $n_2$ )

është përdorur për pjesën e seksionit tërthor në anabrigje për modelin 1D dhe për qelizat e rrjetës drejtkëndore që ndodhen në anabrigje për modelin 2D.

Bazuar në krahasimet grafike diferenca mesatare midis niveleve orare të ujit të matura dhe atyre të llogaritur nga modelet matematikë 1D dhe 2D për rrjedhjen me nivele të ulëta dhe të larta janë kryesisht  $\pm 10$  cm. Këto vlera gabimesh të modelit matematik 1D dhe 2D janë të pranueshme për modelet hidrodinamike. Koha e pikut të plotës është vlerësuar saktë nga modelet 1D dhe 2D, ndërsa nivelet e pikut të plotës janë pak më të larta sesa vlera e niveleve të ujit të observuara.

Për të vlerësuar performancën e modeleve matematikë 1D dhe 2D të ndërtuar në softin SOBEK janë përdorur teste statistikore si: Rrënja e Mesatares së Katrorit të Gabimit (RMSE – Root Mean Square Error), Mesatarja e Gabimit Absolut (MAE – Mean Absolute Error) dhe Koeficienti i korrelacionit R. Vlerat e gabimeve të modeleve 1D dhe 2D mbas procesit të kalibrimit për rrjedhjen me nivele të ulëta dhe të larta ishin të kënaqshme, duke treguar një performancë të mirë të modeleve matematikë. Modeli matematik 1D i ndërtuar në softin SOBEK performon më mirë se modeli 2D në fazën e kalibrimit bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore.

Një hap i rëndësishëm në procesin e ndërtimit të një modeli matematik është validimi. Mbasi modeli kalibrohet, ai duhet të validohet me qëllim që të jetë i besueshëm për tu përdorur për skenarë të tjerë në të ardhmen. Në fazën e validimit të modelit bëhet testimi i vlerave të parametrave të modelit (koeficienti i ashpërsisë) të përzgjedhur gjatë kalibrimit. Për validimin e modeleve 1D dhe 2D është zgjedhur periudha kohore 01/02/2016 deri në 11/04/2016, sepse rrjedhja e lumit shkon nga nivele të ulëta në nivele të larta.

Bazuar në krahasimin grafik midis vlerave të niveleve orare të matura të ujit dhe atyre të llogaritura nga modelet matematikë 1D dhe 2D për periudhën e validimit, vihet re një diferencë mesatare kryesisht brenda  $\pm(10\div 15)$  cm). Kjo vlerë është një vlerë e pranueshme për modelet hidrodinamike. Rezultatet e modeleve matematik 1D dhe 2D tregojnë se koha e të dy piqueve të plotës së zgjedhur për procesin e validimit është parashikuar mirë nga modelet. Ndërsa nivelet e pikut të plotës të parashikuara nga modelet matematik janë pak më të larta se nivelet e matura (kryesisht në pikun e dytë të plotës dhe veçanarisht nga modeli 2D).

Përsa u përket testeve statistikore modelet 1D dhe 2D kanë vlera të kënaqshme gabimesh në periudhën e validimit. Modeli matematik 1D sillet më mirë se modeli 2D pasi ka vlera më të vogla të RMSE dhe MAE. Modeli 1D: RMSE = 11.6 cm, MAE = 9.4 cm, R = 0.97, ndërsa modeli 2D: RMSE = 13.1 cm, MAE = 10.1 cm, R = 0.97.

Rezultatet e validimit tregojnë se modeli matematik 1D për zonën në studim performon më mirë se modeli 2D bazuar në krahasimet grafike dhe testet statistikore. Kjo bën që modeli matematik 1D të jetë më i përshtatshëm për të modeluar rrjedhjen kur ajo ndodhet brenda shtratit të lumit dhe anabrigjeve. Modeli 1D është më efektiv në këtë rast pasi jep rezultate më të sakta gjithashtu në një kohë më të shkurtër.

Modeli matematik 1D performon më mirë se modeli matematik 2D sepse përfaqëson më mirë topografinë e shtratit dhe anabrigjeve me anë të seksioneve tërthore në një distance rreth 100 m nga njëri-tjetri. Modeli 2D edhe pse përdorur një madhësi qelize relativisht të vogël prej 15 m, përsëri krijon një shtrembërim të topografisë reale të lumit pasi përdor

rrjetën drejtkëndore. Rrjetat drejtkëndore 2D kanë probleme në përfaqësimin e formave komplekse të topografisë së shtatrit të lumit. Në të kundërt, rrjetat e kurbëzuara 2D ndjekin më mirë shtratin e lumit dhe përfaqësojnë më mirë batimet e lumit.

Lumi Drin është një tributar që derdhet në lumin Buna 1.5 km mbas daljes së lumit Buna nga liqeni i Shkodrës. Ndikimi i lumit Drin në rrjedhjen e lumit Buna është analizuar duke përdorur modelin matematik 2D të ndërtuar në softin SOBEK.

Me anë të modelit 2D është bërë e mundur përfshirja e faktorëve që ndikojnë në hidrodinamikën e rrjedhjes në nyjen e bashkimit të lumit Buna me Drinin si: topografia e shtratit në nyjen e bashkimit, këndi i bashkimit të tyre, si dhe koeficienti i ashpërsisë së shtratit. Ndër faktorët më kryesorë që ndikojnë në hidrodinamikën e rrjedhjes në nyjen e bashkimit janë: prurjet dhe raporti i prurjeve ndërmjet lumit kryesor dhe tributarit (raporti i prurjeve  $q = Q_{\text{kryesor}}/Q_{\text{tributar}}, Q_{\text{Buna}}/Q_{\text{Drin}}$ ).

Për të analizuar rrjedhjen e ujit në nyjen e bashkimit të lumit Buna me lumin Drin është marrë në studim plota e Janar– Shkurt 2015, nga e cila janë veçuar tre raporte të ndryshme prurjesh  $q > 1$ ,  $q \cong 1$  dhe  $q < 1$ . Një faktor i rëndësishëm që ndikon në rezultatet e modelit matematik 2D në nyjen e bashkimit janë nivelet fillestare të ujit në Urën e Bunës dhe në Urën e Bahçallëkut, të cilët janë marrë nga të dhënat e stacioneve online.

Bazuar në fushën e vektorëve të shpejtësisë në nyjen e bashkimit të lumenjve Buna dhe Drin për raportet e prurjeve  $q > 1$ ,  $q \cong 1$  dhe  $q < 1$  dallohen qartë zonat e stanjacionit, zona e ndarjes së rrjedhjeve, zona e shpejtësive maksimale dhe zona e përzierjes së rrjedhjeve. Në rastin e raportit të prurjeve  $q > 1$  shtresa e përzierjes së rrjedhjeve ndodhet e spostuar në drejtim të lumit Drin. Në rastin e raportit të prurjeve  $q \cong 1$  shtresa e përzierjes së rrjedhjeve është pak a shumë e baraslarguar ndërmjet brigjeve. Në rastin kur prurja nga lumi Drin bëhet dominante ( $q < 1$ ) shtresa e përzierjes së rrjedhjeve ndodhet e spostuar në drejtim të lumit Buna.

Pengimi i rrjedhjes së lumit Buna si rezultat i prurjeve që vijnë nga lumi Drin çon në një lakore të sipërfaqes së ujit që pëson një rënie të ndjeshme në pjesën e lumit Buna para nyjes së bashkimit të rrjedhjeve. Kjo gjë vihet re për të tre raportet e prurjeve  $q > 1$ ,  $q \cong 1$ , dhe  $q < 1$ .

Prurjet e lumit Buna para bashkimit me lumin Drin janë gjithashtu të ndikuara. Ato varen nga prurja që del nga liqeni Shkodrës, prurja që vjen nga Drini, niveli i ujit në lumin Buna sapo del nga liqeni i Shkodrës, niveli i ujit në Fabrikën e Çimentos, si dhe niveli i lumit Drin në Urën e Bahçallëkut. Në rastin e plotës Janar– Shkurt 2015 të marrë në shqyrtim vihet re se në periudhën e kohës kur rrjedhja nga lumi Drin bëhet dominante, kemi një rënie të prurjes së lumit Buna para bashkimit me lumin Drin, pra kemi një rënie të aftësisë shkarkuese të lumit Buna. Në raste të veçanta kur kemi rritje të mëtejshme të prurjeve prej lumit Drin në raport me Bunën (rrjedhja nga Drini bëhet tepër dominante  $q \ll 1$ ) ndodh pengimi i plotë i rrjedhjes së Bunës në nyjen e bashkimit deri dhe në shfaqjen e prurjeve negative (prurje në drejtim të kundërt me rrjedhjen e lumit Buna).

Rrjedhja e lumit Drin është e influencuar nga operimi i digave të ndërtuara në të. Luhatjet ditore të niveleve të lumit Drin, të shkaktuara nga operimi i hidrocentralit të Vaut të Dejës reflektohen në seksionet tërthore përgjatë lumit Buna deri në Pulaj. Ky

ndikim ndihet edhe në pjesën e sipërme të lumit Buna, para bashkimit me lumin Drin por në një shkallë më të vogël se në pjesën e poshtme. Lumi Drin megjithëse është një degë (tributar), ka një ndikim shumë të madhe në rrjedhjen e lumit Buna

Me anë të lumit Buna të gjithë ujërat e Tërësisë Ujore Liqeni Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna derdhen në det. Ndikimi i niveleve të detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna është analizuar me anë të modelit matematik të ndërtuar në softin SOBEK. Në shqyrtim janë marrë nivelet mesatare të detit prej baticës meteorologjike 0 m, 0.5 m, 1.0 m dhe 1.5 m. Këtyre vlerave u është mbivendosur batica astronomike me amplitudë 40 cm ( $\pm 0.2$  m).

Ndikimi i detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna është analizuar për seksionet Pulaj, Reç, Belaj, Samrisht, Darragjat, Ura e Bunës dhe Ura e Bahçellëkut të cilët ndodhen në distancat respektive nga deti: 3.4 km, 11.6 km, 21.6 km, 27 km, 37.5 km, 44 km dhe 43 km.

Rezultatet e modelit matematik tregojnë se rritja e nivelit të detit Adriatik për shkak të baticës meteorologjike dhe astronomike çon në rritjen e niveleve të lumit Buna për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta dhe veçanarisht për periudhën rrjedhjes me nivele të ulëta. Ndikimi i detit Adriatik në rrjedhjen e lumit Buna ndihet deri në disa kilometra mbi grykëderdhjen për shkak të pjerrësisë së vogël të shtratit të lumit Buna (*veçanarisht në pjesën nga grykëderdhja deri në afërsi të Belaj*).

Rezultatet e modelit matematik tregojnë se në periudhën e rrjedhjes me nivele të ulëta ndikimi i detit është i madh në Pulaj dhe Reç, ku luhatjet e nivelit të ujit ndjekin luhatjet e nivelit të detit. Në Reç kjo ndodh veçanarisht për nivele të larta të detit 1.0 m dhe 1.5 m. Në afërsi të Belaj dhe Samrisht ndikimi i detit fillon të zvogëlohet dhe në Darragjat ndikimi i detit është i vogël, madje edhe në rastin e niveleve të larta të detit 1.0 m dhe 1.5 m.

Për periudhën e rrjedhjes me nivele të larta rezultatet e modelit matematik tregojnë se luhatjet e nivelit të ujit në seksionin në afërsi të fshatit Pulaj dhe Reç ndjekin luhatjet e Drinit dhe mbi to mbivendoset ndikimi i nivelit të detit. Në seksionin në Reç kjo ndodh në një shkallë më të vogël se në Pulaj. Në seksionin në afërsi të fshatit Belaj dhe Samrisht, nivelet e lumit Buna ndjekin luhatjet e nivelit të lumit Drin duke u mbivendosur mbi to ndikimi i luhatjeve të detit, veçanarisht për nivele të larta të detit 1.0 m dhe 1.5 m.

Luhatjet e nivelit të detit Adriatik nuk ndikojnë në rrjedhjen e lumit Buna në pjesën mbi Darragjat. Për seksionet mbi Darragjat, dhe në pjesën para nyjes së bashkimit me lumin Drin, nivelet e lumit Buna ndjekin luhatjet ditore të niveleve të lumit Drin, të cilat shkaktohen nga operimi i hidrocentralit të Vaut të Dejës.

Një skenar i rëndësishëm i përdorimit të modeleve matematik 2D është modelimi i përmbytyjeve. Modelet matematik të përmbytyjeve janë elementë të rëndësishëm të Sistemeve të Paralajmërimit të Hershëm të Përmbytyjeve. Ata janë gjithashtu elementë të rëndësishëm dhe të studimeve të Vlerësimit të Riskut nga përmbytyjet. Risku i përmbytyjeve në këtë zonë është i lartë për shkak të zhvillimit të madh bujqësor dhe zhvendosjes së popullsisë që ka ndodhur në këtë zonë pas viteve 90.

Tërësia Ujore Liqeni i Shkodrës, Lumi Drin dhe Buna dhe është më e rrezikuara nga përmbytyjet në vendin tonë. Përmbytyjet në këtë Tërësi ndodhin për shkak të faktorëve

natyrorë dhe njerëzorë. Faktorët natyrorë janë sasia e madhe e reshjeve dhe shkrirja e borës kryesisht në fund të periudhës së dimrit dhe fillimit të pranverës. Një nga faktorët njerëzorë janë shkarkimet e detyruara nga digat mbi lumin Drin për të ruajtur nivelet e lejuar në rezervuar. Një faktor tjetër njerëzor është mirëmbajtja jo në nivelin e duhur të sistemit të kullimit ose dëmtimeve që ka pësuar ky sistem për shkak të ndërtimeve të paligjshme. Aftësia e kufizuar shkarkuese e Kanalit të Murtemës çon në akumulimin e ujit në kohë plotash në Fushën e Trushit si dhe të rritet thellësia dhe kohëzgjatja e përmytjeve.

Në studim është marrë përmytja e fundit në Mars 2018 e ndodhur në këtë Tërësi Ujore. Me anë të modelit matematik 2D të përmytjeve janë përcaktuar harta e shtrirjes së përmytjes, kohëzgjatja e përmytjes, hartat e thellësisë së përmytjes, hartat e shpejtësive të përmytjes, etj.

Për këtë plotë disponohen hartat e shtrirjes së përmytjes të observuara në ditë të ndryshme të saj (12, 14, 18, 22 Mars 2018) bazuar në imazhet satelitore të gjeneruara nga Copernicus Emergency Management Service. Këto harta janë një mjet shumë i çmuar për të vlerësuar performancën e modelit matematik. Ato bëjnë të mundur vlerësimin e dinamikës së përhapjes së përmytjes në kohë dhe shërbejnë për të testuar nëse modeli matematik 2D parashikon saktë shtrirjen e përmytjes dhe momentin e përmytjes për zona të ndryshme.

Krahasimi i hartave të shtrirjes së përmytjes prej modelit 2D në datat e mësipërme me imazhet satelitore tregon se në përgjithësi zonat kryesore të përmytjes poshtë liqenit të Shkodrës dhe Urës së Bahçellëkut janë parashikuar mirë nga modeli matematik 2D. Rezultatet e modelit tregojnë një mbivlerësim të lehtë të zonës së përmytur në krahasim me observimet, më e dukshme në datat 12, 14, 18 Mars 2018.

Rezultatet e modelit 2D tregojnë se lumi Buna del nga shtrati në fillim në krahun e djathtë, duke përmytur fshatrat në komunën Ana e Malit. Thellësia maksimale e përmytjes në këtë pjesë varion nga 0.8 m në 1.6 m. Më pas lumi Buna del nga shtati në krahun e majtë duke kaluar në kapërderdhësin e Shirgjit (kuota e kreshtës 6 m) dhe drejtohet në fushën e Trushit duke përmytur fshatrat në komunën e Dajçit, Bërdicës, Velipojës dhe Bushatit. Thellësia maksimale e përmytjes në këtë pjesë varion nga 1 m deri në 2 m. Në këtë zonë uji kufizohet nga argjinatura e Torovicës dhe e Casit. Kjo rrjedhje uji kalon në drejtim të Kolektorit të Murtemës dhe më pas derdhet në detin Adriatik nëpërmjet lagunës së Vilunit e kufizuar dhe nga argjinatura e Vilunit.

Rezultatet e modelit matematik 2D tregojnë se gjatë plotës së Marsit 2018, vihet re rritja e sipërfaqes së përmytjes (pas kalimit të pikut të plotës prej Drinit) në fushën e (Nënshkodrës) Trushit si rezultat i ngadalësimit të largimit të ujërave prej Kanalit të Murtemës. Kjo gjë çon në pengimin e shkarkimit të ujërave prej lumit Buna në pjesën e sipërme mbi Shirgj dhe për pasojë në rritjen e niveleve të ujit në liqenin e Shkodrës. Më pas me largimin e ujërave prej fushës së Nënshkodrës (Trushit) vihet re rritja e shkarkimeve të lumit Buna prej liqenit të Shkodrës dhe rënia e niveleve në lumin Buna.

Saktësia e modelit matematik 2D në parashikimin e dinamikës së përhapjes së përmytjeve varet nga faktorët të ndryshëm. Rezultatet e modelit matematik 2D të ndërtuar për zonën në studim tregojnë se në shtrirjen e përmytjes, thellësitë e

përmytjes, momentin e përmytjes, shpejtësinë e përhapjes së përmytjes ndikojnë faktorët e mëposhtëm:

- Argjinaturat në të dy anët e lumit Buna dhe në fushën e Nënshkodrës kanë një ndikim të madh në dinamikën e përmytjes për zonën në studim (veçanarisht në momentin e përmytjes, shtrirjen e përmytjes dhe thellësitë e përmytjes). Të dhënat e argjinaturave janë përfshirë në modelin matematik 2D me anë të dimensioneve dhe kuotave përkatëse.
- Sistemi i kullimit ka gjithashtu një ndikim të madh në procesin e përmytjeve në zonën në studim (veçanarisht në shpejtësinë e largimit të ujërave). Ujërat e grumbulluar nga sistemi i kullimit derdhen në detin Adriatik nëpërmjet Lagunës së Vilunit. Të dhënat e Kanaleve Kulluese Kryesore dhe Kanalit të Murtemës janë përfshirë në modelin matematik 2D me anë të dimensioneve dhe kuotave përkatëse.
- Koeficienti i ashpërsisë ka gjithashtu ndikim në procesin e përmytjeve në zonën në studim (veçanarisht në shpejtësinë e përhapjes së përmytjes). Vlerat e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning-ut për qelizat e rrjetës 2D në pjesën e shtratis kryesor ( $n_1$ ) dhe anabrigjeve ( $n_2$ ) janë zgjedhur pas procesit të kalibrimit. Kjo bën që modeli matematik 2D të paraqesi me saktësi aftësinë ujëmbajtëse të lumit Buna dhe pjesës së poshtme të Drinit. Ndërsa vlerat e koeficientit të ashpërsisë sipas Manning-ut për fushën që përmytet janë përcaktuar duke u bazuar në databeisin e CORINE Land Cover 2012. Klasat e mbulesës së tokës sipas CORINE databeis janë shoqëruar me vlera të ndryshme të koeficientit të ashpërsisë sipas Manning-ut “n” bazuar në literaturë.



## **9.2 Rekomandime**

Për të modeluar më saktë rrjedhjen në Tërësinë Ujore Liqeni Shkodrës, lumi Drin dhe Buna si dhe përmytjet në këtë Tërësi rekomandohet:

- Në modelin matematik 2D të përfshihen të dhënat e batimetrisë së liqenit të Shkodrës. Matjet topografike të batimetrisë së liqenit të Shkodrës janë kryer nga pala shqipëtare dhe malazeze në vitin 2009. Ato tregojnë për një saktësi më të madhe të batimetrisë së liqenit në pjesën malazeze dhe kanë nevojë për përmirësime në pjesën shqipëtare. Të dhënat e batimetrisë duhet të shoqërohen me të dhëna të prurjeve hyrëse në liqen nga lumi Moraça që është furnizuesi kryesor i liqenit të Shkodrës dhe nga përrenjtë e tjerë që derdhen në pjesën malazeze dhe shqipëtare të liqenit të Shkodrës. Me anë të këtyre të dhënave do të bëhej i mundur modelimi më i saktë i rrjedhjes në nyjen hidraulike liqeni Shkodrës, lumi Buna dhe lumi Drin. Do të bëhej e mundur gjithashtu dhe llogaritja e shtrirjes së përmytjes në zonën përreth liqenit të Shkodrës nga modeli matematik 2D.
- Kryerja e matjeve të topografisë së shtratit të lumit Drin prej Urës së Bahçellëkut deri në Vaun e Dejës. Përfshirja e këtyre matjeve në modelin matematik 2D do të ndihmonte në modelimin e saktë të rrjedhjes së lumit Drin në pjesën pas daljes nga Vau i Dejës. Do të ndihmonte gjithashtu dhe në paraqitjen sa më saktë të përmytjes në zonën e Nënshkodrës në rast se lumi Drin del nga shtrati. Janë të nevojshme të përfshihen në model të dhënat e shkarkimeve prej hidrocentralit të Vaut të Dejës pasi ato kanë ndikim të madh në rrjedhjen e poshtme të lumit Drin dhe në lumin Buna.
- Kryerja e matjeve të reja të prurjeve në profilat Ura e Bahçellëkut (lumi Drin), Ura e Bunës (lumi Buna) dhe Dajç (lumi Buna) do të ndihmonte në përmirësimin e kurbave të prurjesh në këto profila. Përmirësimi i kurbave të prurjeve do ndihmonte në saktësimin e hidrografëve të prurjeve që përdoren në modelin matematik.
- Përdorimi në modelin matematik 2D të përmytjeve të Modelit Dixhital të Terrenit për zonën në studim të krijuar nga ASIG në vitin 2018, bazuar në të dhënat LIDAR me rezolucion 2 m. Kjo do të shërbente për të kryer një analizë sensitiviteti sesa rezolucioni i modeleve dixhitale të terrenit ndikon në përhapjen e përmytjes në zonën në studim.
- Aplikimi i rrjetës së kurbëzuar 2D për pjesën e rrjedhjes brenda shtratit dhe anabrigjeve të lumit Buna si dhe rrjedhjes së poshtme të Drinit do të përmirësonte performancën e modelit matematik 2D për zonën në studim. Rrjeta 2D e kurbëzuar është duke u testuar nga Deltares për tu përfshirë në versionet e ardhëshme të softit SOBEK.
- Instalimi i një stacioni detar për matjen e niveleve të detit Adriatik në afërsi të grykëderdhjes së lumit Buna. Vendosja në funksionim e stacionit hidrologjik në Pulaj, i cili prej shumë vitesh nuk funksionon. Nivelet e ujit prej këtyre stacioneve si rezultat i baticës astronomike dhe meteorologjike do të ndihmonin për të analizuar më saktë ndikimin e detit Adriatik në zonën në studim.

- Instalimi i një stacioni monitorimi on-line në pjesën e lumit Buna poshtë Dajçit. Të dhënat e niveleve të ujit prej këtij stacioni do të ndihmonin në përmirësimin e cilësisë së procesit të kalibrimit të modelit matematik.
- Testimi i mëtejshëm i modelit matematik 2D të përmytjeve për zonë në studim për plota të tjera bazuar në imazhet satelitore të përmytjeve.

## REFERENCAT

1. Abazi E. (2005). Modelling floods in wide rivers using Sobek 1D/2D, A case study for the Elbe River, Germany. MSc Thesis WSE– HI.05-03. UNESCO– IHE, WL|Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
2. Abazi E. (2016). Calibration of Hydraulic Model for Buna River. *International Journal of Environmental Application & Science – JIEAS*, Turkey, Vol. 11(2), pp.198–206.
3. Abazi E. (2019). Applying a 2D Model in Flood Hazard Analyses for Shkodra Region. *Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference Engineering Applications in Solving Environmental Challenges*, December 2019. Tirana– Vlora, Albania: Polytechnic University of Tirana.
4. Abazi E, Pandazi S, Ndini M. (2020). Comparing Validation Results of 1D Versus 2D Mathematical Model For Buna River. *Proceedings of GEOLINKS– International Conference on Environmental Sciences*, October 2020. Plovdiv, Bulgaria.
5. Abazi E. (2020). Analysis of the Influence of Adriatic Sea Level on Buna River Flow. *Journal of International Environmental Application and Science–JIEAS*, Turkey, Vol. 15(1), pp. 9– 18.
6. Abbott M.B, Minns A.W. (1998). *Computation Hydraulics*. Ashagate publishing Company, Sydney, Australia.
7. Alcrudo F. (2004). A State of the Art Review on Mathematical Modelling of Flood Propagation, IMPACT Project. Environment and Sustainable Development thematic program,://www.impactproject.net
8. Aliaj Sh, Melo V, Hyseni A, Skrami J, Mëhillka Ll, Muço B, Sulstarova E, Prifti K, Xhomo A, Shkupi D, Sejдини B, Jano K. (1995). *Harta neotektonike e Shqipërisë në shkallën 1 : 200 000*.
9. ASA & MASA, Academy of Sciences of Albania and Academy of Art and Sciences of Montenegro. (2006). *Topo-geodetic measures of Buna river*, Joint Project Albania– Montenegro.
10. ASME. American Society of Mechanical Engineers. (2006). *Guide for Verification and Validation in Computational Solid Mechanics*.
11. Bates P. D, A. P. J. De Roo. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, Vol.236, pp. 54– 77.
12. Best J.L .(1985). *Flow Dynamics and Sediment Transport at River Channel Confluences*. Ph.D. Thesis dissertation, Birbeck College, University of London, UK, pp. 393.
13. Best J.L, Reid I. (1984). Separation zone at open-channel junctions. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.110, pp. 1588–1594.
14. Bogdani M. (2006). Risk assessment from flooding in the rivers of Albania. *Proceedings of International Conference BALWOIS –Water Observation and Information System for Decision Support*, Ohrid, Macedonia.
15. Carson JohnS. (2002). Model Verification and Validation. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*. E. Yücesan, C.H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, eds.

16. Chow V.T. (1959). Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Co. New York, NY, USA.
17. Cunge J.A, Holl F.M, Verwey A. (1980). Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman Publishing Ltd., London, Great Britain.
18. Deltares. (2013). SOBEK. User Manual. Version 2.13. <https://www.deltares.nl/>. Delft, The Netherlands.
19. Dhondia J.F, Stelling G.S. (2004). SOBEK one dimensional –two dimensional integrated hydraulic model for flood simulation– its capabilities and features explained. *Journal of Hydroinformatic*, Eds.Liong, Phoon and Babovic, Singapore. pp.1867– 1874.
20. Duda PB, Hummel P, Jr.Donigian AS, Imhoff JC. (2012). Model use, calibration, and validation. *American Society of Agricultural & Biological Engineers, Vol. 55*, pp. 1523– 1547.
21. Feranec J, Cebecauer T, Hazeu G.W, Jaffrain G. (2006). Cartographic aspects of land cover change detection (over- and underestimation in the I & Corine land cover 2000 Project). *The Cartographic Journal, Vol. 44*, No 1.
22. Foto Përmytje Shkodër. (2018). Ujërat tërhiqen por problemet mbeten pas përmytjes në Shkodër. /<https://www.reporter.al/>. Aksesuar Dhjetor 2018.
23. Ghostine R, Vazquez J, Terfous A, Mose R, Ghenaim A. (2012). Comparative study of 1D and 2D flow simulations at open-channel junctions. *Journal of Hydraulic Research, Vol. 50, No.2*, pp. 164– 170.
24. GIZ– German Federal Enterprise for International Cooperation. (2014). Climate Change Adaptation in Western Balkans Establishment of a Flood Early Warning System in the Drin– Buna Basin.
25. GIZ– German Federal Enterprise for International Cooperation. (2018). Climate Change Adaptation in Transboundary Flood Risk Management, Western Balkans (CCAWB II).
26. HARTA GJEOLOGJIKE E SHQIPËRISË. (2002). Shkalla 1:200 000, Tiranë.
27. Harta Venedikase. (2018). Liqeni i Shkodrës. <https://sq.wikipedia.org/>. Aksesuar në Dhjetor 2018.
28. Hesselink, A.W, Stelling, G.S, Kwadijk J.C.J, Middelkoop H. (2003). Inundation of a Dutch river polder, sensitivity analysis of a physically based inundation model using history data. *Water Resources Research, Vol.39, No.9*.
29. Heymann Y, Steenmans Ch, Croissille G, Bossard M. (1994). Corine Land Cover. Technical Guide. EUR12585 Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
30. Hirsch Ch. (2007). Numerical Computation of Internal & External flows, Vol.1. Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Second edition, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA.
31. Hoxha F, Stratobërdha P, Xhelepi S, Pandazi S, Lami S, Abazi E, etj. (2005). Studimi i Rregullimit të Tërësisë Ujore të Lezhës. Projekt i financiar nga Qendra Kombëtare për Kërkim dhe Zhvillim–PKKZH, Burimet Natyrore PN.5. Qendra e Kërkimeve Hidraulike, Akademia e Shkencave të Shqipërisë.
32. Hoxhaj F, Abazi E, Zaimi K, Vako E. (2015). Development of Hydrological and Hydraulic Study of Regulation of Shkodra Lake and Buna River Water Regime, IPA Project, Academy of Sciences of Albania.

33. IHM – Instituti Hidrometeorologjik i Shqipërisë, Akademia e Shkencave e Shqipërisë. (1975). Klima e Shqipërisë.
34. IHM – Instituti Hidrometeorologjik i Shqipërisë, Akademia e Shkencave e Shqipërisë. (1984). Hidrologjia e Shqipërisë.
35. IHM – Instituti Hidrometeorologjik i Shqipërisë, Akademia e Shkencave e Shqipërisë. (1988). ATLAS KLIMATIK i RPS të Shqipërisë.
36. Kuka Sh, Begu E, Myftiu T, Abazi E. (2014). Digital Terrain Modeling Of The Buna River System And Of The Northwestern Flood Plain In Albania. *International Journal of Scientific & Technology Research. Vol.3, Issue.5*, pp. 84– 88, IJSTR 2014, [www.ijstr.org](http://www.ijstr.org)
37. Lami S, Abazi E. (2003). Studim numerik i planeve të përhapjes së valëve në zonën bregdetare të Porto-Romanos. Qendra e Kërkimeve Hidraulike. Projekt financiar nga Ministria e Transportit dhe Telekomunikacionit.
38. Leyer I . (2005). Predicting plant species' responses to river regulation: the role of water level fluctuations. *Journal of Applied Ecology, Vol.42*, pp. 239– 250.
39. Mignot E, Vinkovic I, Doppler D, Riviere N. (2014). Mixing layer in open-channel junction flows. *Environmental Fluid Mechanics, Springer Verlag., Vol.14*, pp. 1027–1041.
40. Mott MacDonald. (2012). A Post-Disaster Comprehensive Flood Risk Assessment & Management Study. Final Report – The Flood Risk Management Plan for the Lower Drini & Buna River Basin.
41. Mynett A.E. (1999). Hydroinformatics and its applications at Delft Hydraulics. *Journal of Hydroinformatics.*
42. Ndini M. (2012). Hydrology inputs for the preparation of the Buna/Bojana Transboundary Integrated Management Plan.
43. Oya A, Bui H, Hiraoka N, Fujimoto M, Fukagawa R. (2015). Seepage flow – stability analyses of the riverbank of Saigon river due to river water level fluctuation. *International Journal of GEOMATE, Vol.8, No.1(SI.No.15)*, pp.1212– 1217. Japan. Geotech., Const. Mat.and Env.
44. Pandazi S, Abazi E. (2011). Rregullimi i regjimit hidraulik i Sistemit Ujor të Liqenit të Shkodrës dhe lumenjve Buna e Drin, INEUM– Instituti i Energjisë, Ujit dhe Mjedisit, Projekt i AKTI (Agjencia e Kërkimit, Teknologjisë dhe Inovaconit.
45. Pandazi S, Abazi E. (2002). Studimi metodik mbi llogaritjen e profilit të rrjedhjes në shtretër të hapur natyrorë. Qendra e Kërkimeve Hidraulike. Studim financiar nga Qeveria Shqiptare.
46. Pandazi S, Toçi E. (2011). Rikonstruksioni i argjinaturës së Torovicës. Raport teknik. Masat mbrojtëse nga përmbytjet qarku Shkodër Lezhë.
47. Price R.K. (2004). Mathematical Modelling. Lecture notes of Hydroinformatics Course. UNESCO– IHE (International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering), Delft, Netherlands.
48. Priestnall G, Jaafar, J, Duncan A. (2000). Extracting urban features from LiDAR digital surface models. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems, Vol.24*, pp. 65– 78.
49. Refsgaard JC, Henriksen HJ. (2004). Modelling guidelines–terminology and guiding principles. *Advances in Water Resources. Vol. 27 (1)*, pp.71–82.

50. Rosbjerg D, Le Ngo L, Madsen H. (2009). Optimisation of hydropower in a multi-objective context. *Proceedings of International Conference on Water Environment, Energy and Society (WEES– 2009), Vol. IV*, pp.1543– 1553.
51. Sekulić G, Ivković M, Rosić N. (2014). Development of Hydrological and Hydraulic Study of Regulation of Skadar Lake and Bojana River Water Regime. Vol. II, IPA Project, Montenegrin Academy of Sciences and Arts.
52. Selenica A. (2010). Përmytjet nga lumenjtë dhe parandalimi i dëmeve. *Revista Ushtarake, Nr. 2/2010*, Organ teoriko–shkencor i Komandës së Doktrinës dhe Stërviçes, Tiranë.
53. Selenica A, Ardicioglu M, Kuriqi A. (2011). Risk assessment from floodings in the rivers of Albania. *Proceedings of International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE*, 19– 21 May 2011, Tirana, Albania: EPOKA University.
54. Silgram M, Schoumans O.F. (2003). Modeling approaches: Model parameterization, calibration and performance assessment methods in the EUROHARP project. EUROHARP report 8-2004, NIVA report SNO 4740, Oslo.
55. Solomatine D. (2003). Data-driven modelling: machine learning, data mining and knowledge discovery. Lecture notes of Hydroinformatics Course. UNESCO– IHE (International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering), Delft, Netherlands.
56. Stelling G.S, Duinmeijer S.P.A. (2003). A staggered conservative scheme for every Froude number in rapidly varied shallow water flows. *International Journal For Numerical Methods in Fluids, Vol.43*, pp. 1329– 1354.
57. Stelling G.S, Verwey A. (2005). Numerical Flood Simulation. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. John Wiley & Sons Ltd.
58. Stratobërdha P, Xhelepi S, Pandazi S, Lami S, Abazi E. (2002). Studimi i ndikimit të prurjes të HC të Bushatit me derdhje në Darragjat, në sistemin uhor Liqeni i Shkodrës–Drini dhe Buna. Qendra e Kërkimeve Hidraulike, Akademia e Shkencave e Shqipërisë.
59. Sukhodolov A. N, Rhoads B. L. (2001). Field investigation of three dimensional flow structure at stream confluences. *Water Resources Research, Vol. 37, No.9*, pp. 2411–2424.
60. Taylor E H. (1944). Flow Characteristics at Rectangular Open Channel Junctions. *Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol.109, Issue 1*, pp. 893– 902.
61. Vako E, Pambuku A. (2016). Groundwater Hydrology of Shkodra Lake and Buna River Water System. *Journal of Natural and Technical Sciences– JNTS, Vol.xxi(1)*, Published by Academy of Sciences of Albania.
62. Verwey A. (2001). Latest Developments in Floodplain Modelling– 1D/2D Integration. *Proceedings of 6th Conference on Hydraulics in Civil Engineering: The State of Hydraulics*. Barton, A.C.T, Institution of Engineers, Australia, pp.13– 24.
63. Vidal JP, Moisan S, Faure JB, Dartus D. (2005). Towards a reasoned 1D river model calibration. *Journal of Hydroinformatics, Vol. 7(2)*, pp. 79– 89.
64. Vidal JP, Moisan S, Faure JB, Dartus D. (2007). River model calibration, from guidelines to operational support tools. *Environmental Modelling & Software, Vol.22*, pp.1628– 1640.
65. Webber N. B, Greated C. A. (1966). An investigation of flow behavior at the junction of rectangular channels. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol.34, Issue 3*, pp. 321–334.

66. World Bank. (2014). Albania Disaster Risk Mitigation and Adaptation – Modernization of the meteorological and hydrologic national network.
67. Xhomo A, Kodra A, Dimo Ll, Xhafa Z, Nazaj Sh, Nakuçi V, Yzeiraj D, Lula F, Sadushi P, Shallo M, Vranaj A, Melo V. (2002). Harta Gjeologjike e Shqipërisë, Shkalla 1 :200000, Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Tiranë.

## **SHTOJCA**

**Figura 1:** Seksioni tërthor pranë fshatit Darragjat në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 2:** Seksioni tërthor pranë fshatit Dajç në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 3:** Seksioni tërthor pranë fshatit Pentar në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 4:** Seksioni tërthor pranë fshatit Reç në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 5:** Seksioni tërthor në degën shqipëtare të grykëderdhjes së Bunës në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 6:** Seksioni tërthor në degën malazeze të grykëderdhjes së Bunës në modelin matematik 1D në SOBEK

**Figura 7:** Profili gjatësor i niveleve të ujit të lumit Buna nga dalja prej liqenit të Shkodrës deri në det për prurjen mesatare

**Figura 8:** Seria e matjeve të nivelit të ujit në stacionin on-line të Dajçit e përdorur në modelin matematik

**Figura 9:** Thellësia e përmblytjes simuluar nga modeli 2D gjatë plotës së Marsit 2018 për një qelizë të rrjetës 2D në fushën e Nënshkodrës



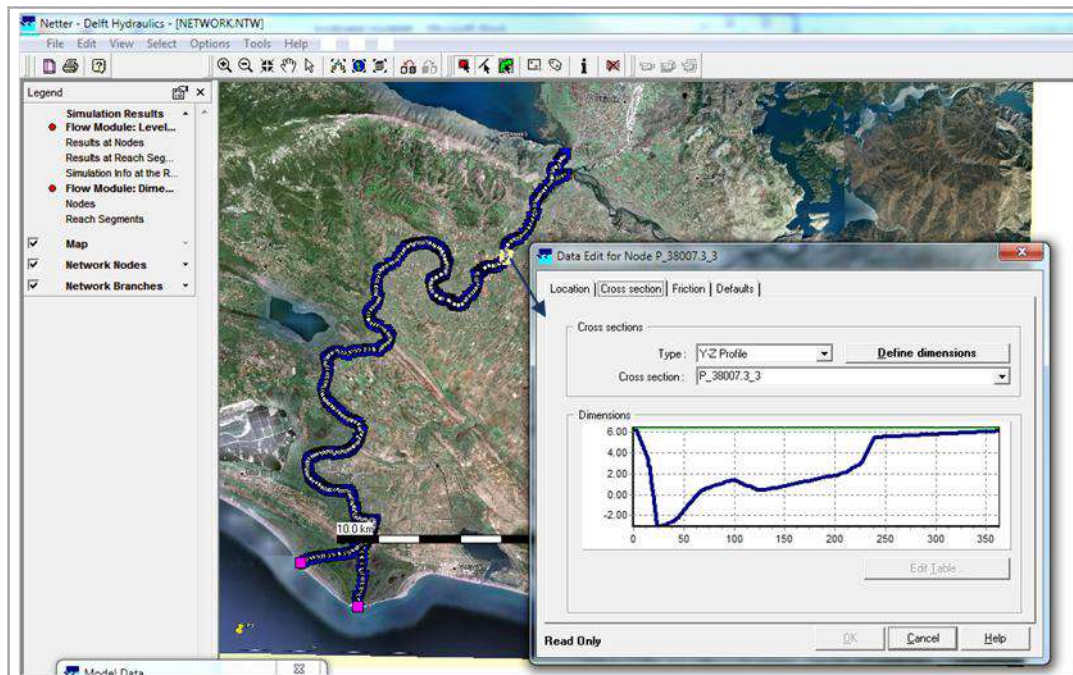


Figura 1: Seksioni tërthor pranë fshatit Darragjat në modelin matematik 1D në SOBEK

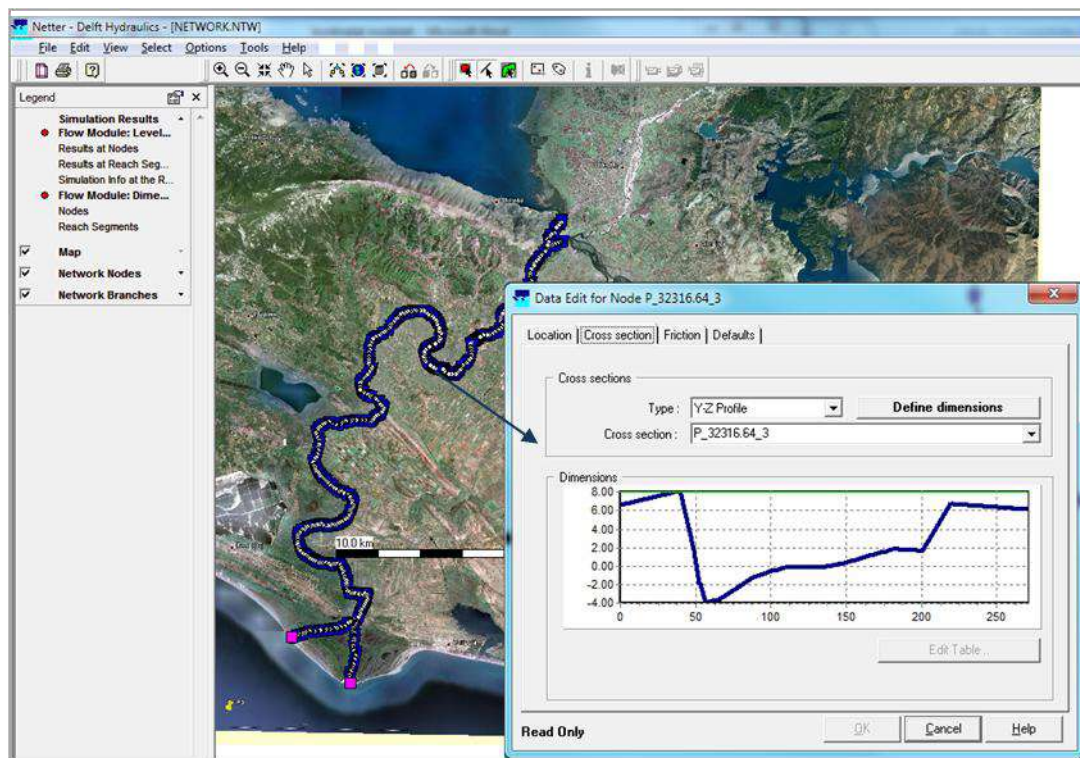


Figura 2: Seksioni tërthor pranë fshatit Dajç në modelin matematik 1D në SOBEK

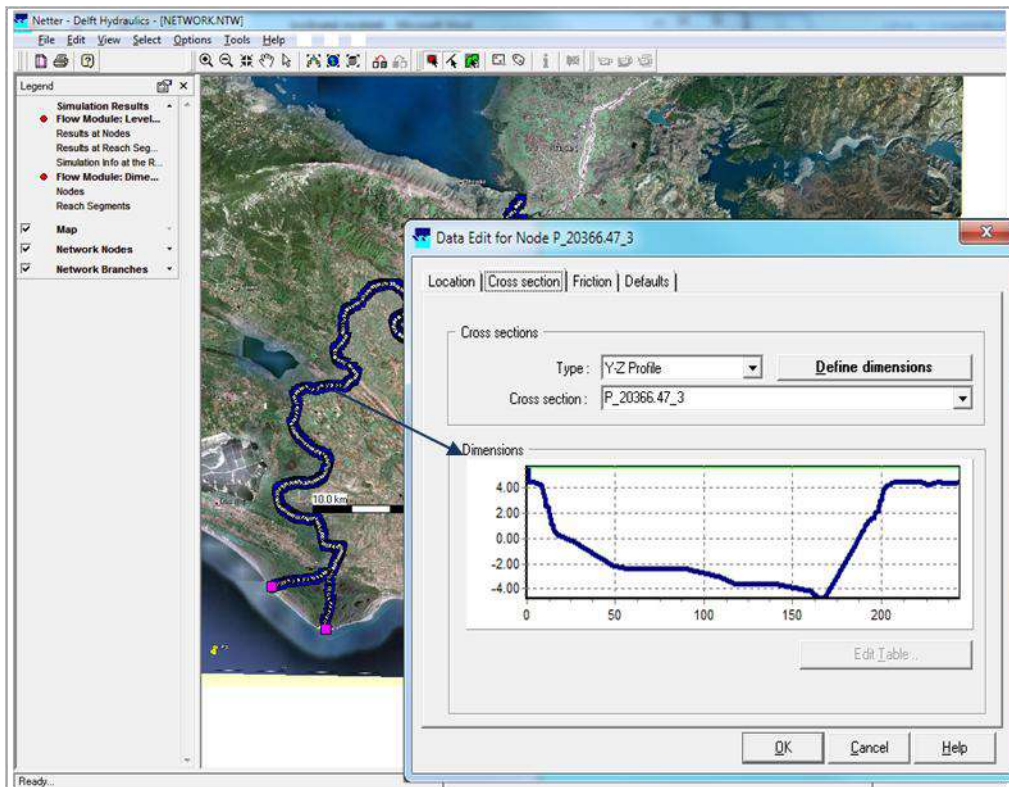


Figura 3: Seksioni tërthor pranë fshatit Pentar në modelin matematik 1D në SOBEK

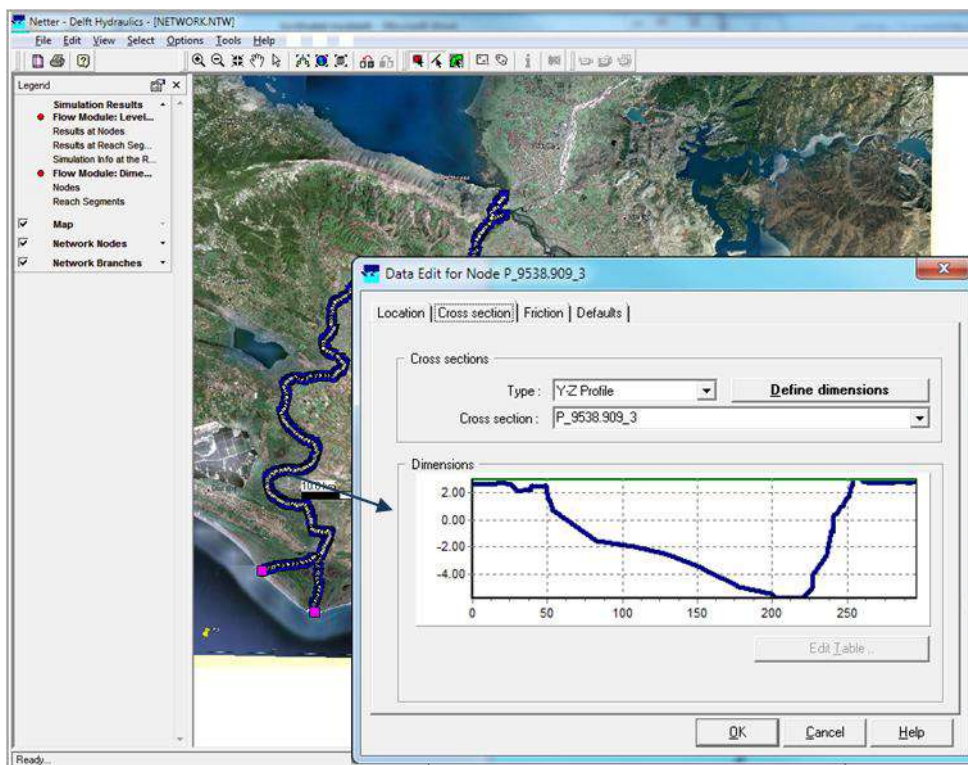


Figura 4: Seksioni tërthor pranë fshatit Reç në modelin matematik 1D në SOBEK

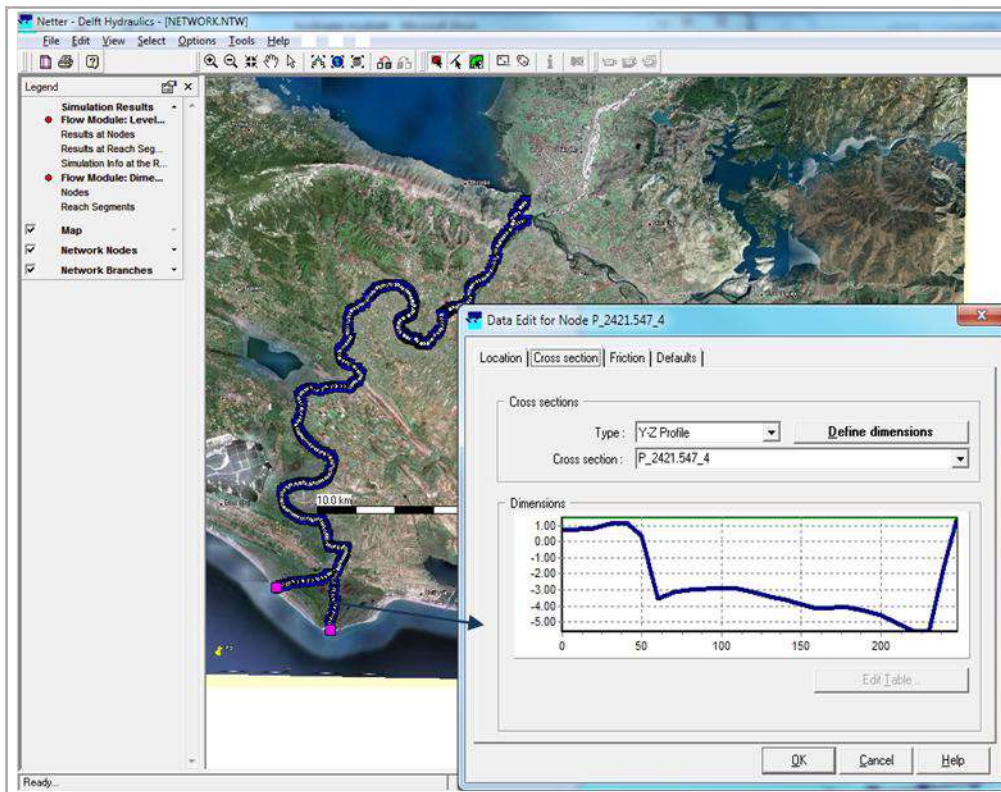


Figura 5: Seksioni tërthor në degën shqipëtare të grykëderdhjes së Bunës në modelin matematik 1D në SOBEK

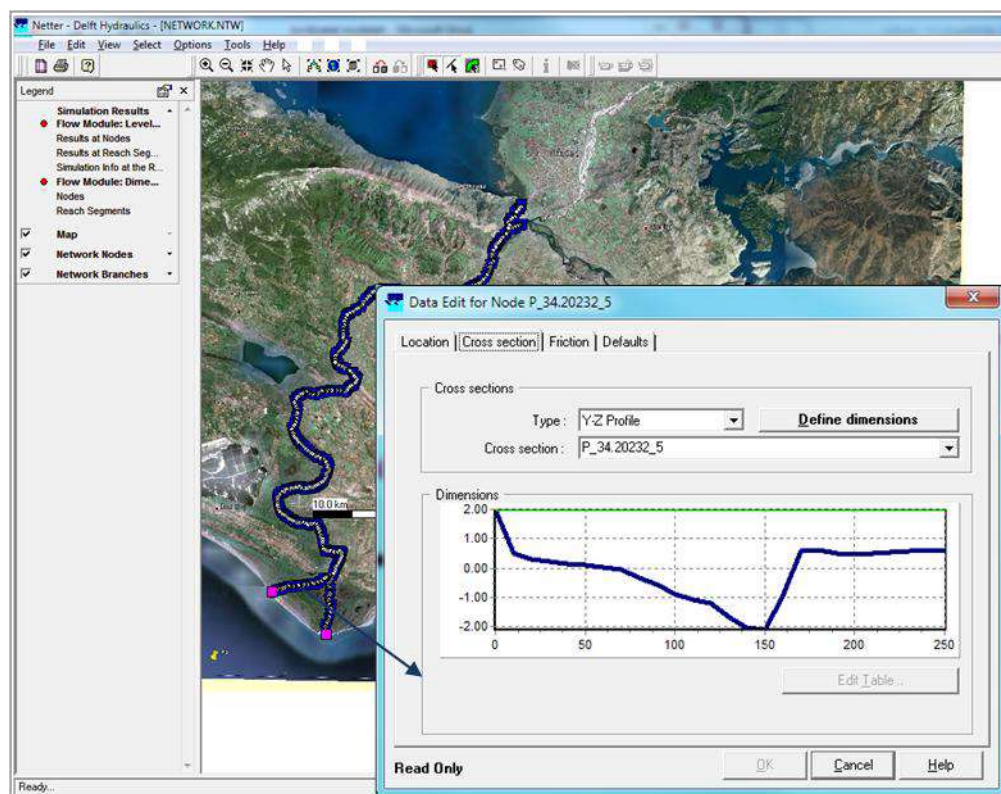
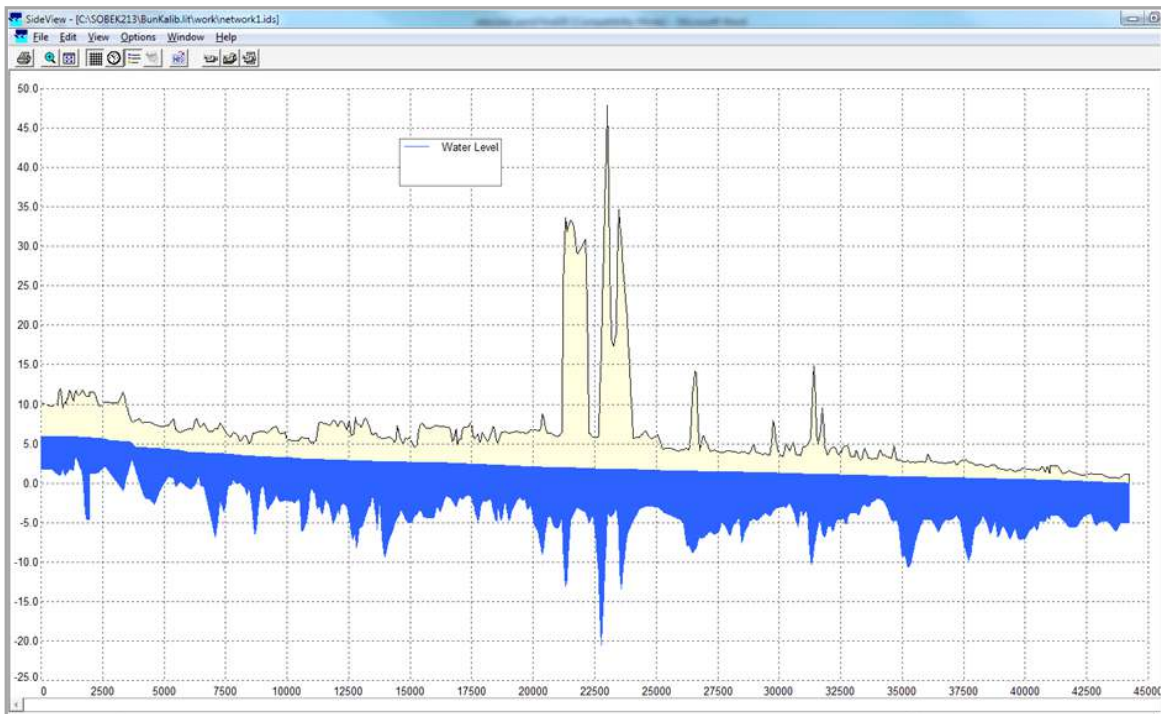
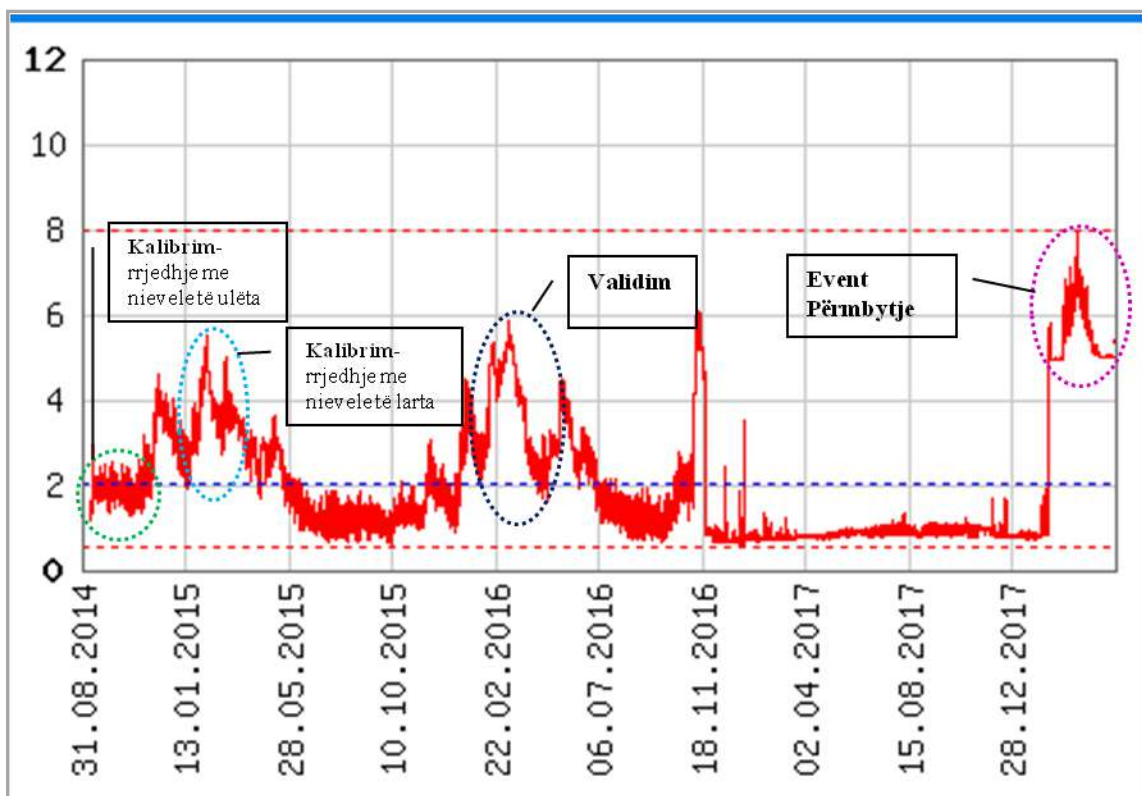


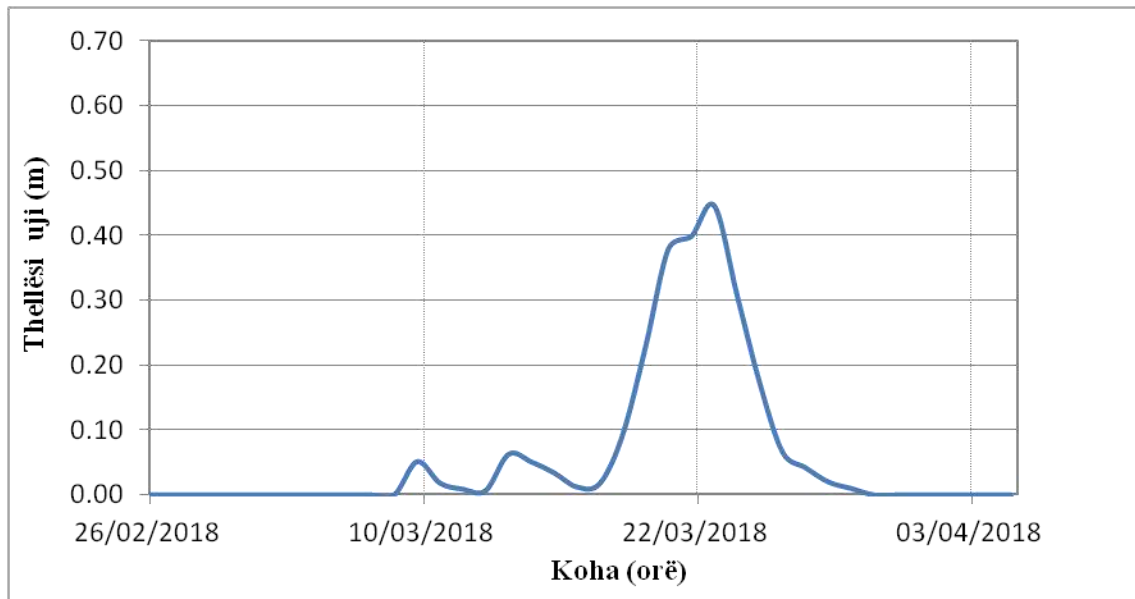
Figura 6: Seksioni tërthor në degën malazeze të grykëderdhjes së Bunës në modelin matematik 1D në SOBEK



**Figura 7:** Profili gjatësor i niveleve të ujit të lumit Buna nga dalja prej liqenit të Shkodrës deri në det për prurjen mesatare



**Figura 8:** Seria e matjeve të nivelit të ujit në stacionin on-line të Dajçit e përdorur në modelin matematik



**Figura 9:** Thellësia e përmbytjes simuluar nga modeli 2D gjatë plotës së Marsit 2018 për një qelizë të rrjetës 2D në fushën e Nënshkodrës



