

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის პროექტი



13 დეკემბერი
2022

შუალედური ანგარიში - წინასწარი
სტრატეგია

HYDRO
DIAGNOSTICS

Engineering
for safe
environment

sommer
MESSTECHNIK

დამკვეთი: შპს "მესტიაჭალა ენერჯი"

პროექტი: მესტიაჭალა ჰესი - მონიტორინგისა და ადრეული

შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

მოამზადა: შპს HydroDiagnostics-მა SOMMER Messtechnik-თან

თანამშრომლობით

საქართველო, ქ. თბილისი, 0160, იური გაგარინის N24, ოფისი N304

ტელ. Tel. / ფაქსი Fax: +995 (0)32 236 34 02; ელ. ფოსტა / E-mail: info@hydrodiagnostics.ge

www.hydrodiagnostics.ge

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

შუალედური ანგარიში სამუშაოების მიმდინარეობის შესახებ - წინასწარი სტრატეგია

1	სარჩევი	
2	შესავალი	1
3	პროექტის კონცეფცია.....	1
3.1	InSAR ანალიზი და მონიტორინგი	2
3.2	ინტერნეტ-ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული ამინდის პროგნოზი	5
3.3	ადგილობრივი მონიტორინგი და ადრეული შეტყობინება.....	7
3.3.1	ადგილზე ვიზიტისა და კვლევის შედეგები.....	7
3.3.2	მოწყობილობების განლაგების გეგმა და კავშირგაბმულობის განლაგება	10
3.3.3	სისტემების კომპონენტები და არქიტექტურა.....	12
3.4	მოვლენების შემჩნევა და გადაადგილების დრო.....	17

თარიღი	საშაბათი, 13 დეკემბერი, 2022წ.	
ხელშეკრულება	MSTCH – 01 (28.10.2022)	
გადახედვა	მომზადა	დაამტკიცა
00	NM; LKh	AM
ხარისხის მართვის სერტიფიცირებული სისტემა		

2 შესავალი

2022წ 28 ოქტომბერს შპს HydroDiagnostics-ს და შპს „მესტიაჭალა ენერჯის“ შორის გაფორმდა ხელშეკრულება MSTCH-01 ბუნებრივი საფრთხეების მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემების საბაზისო პროექტის მომზადების მომსახურებასთან დაკავშირებით. დავალება გულისხმობს მესტიაჭალა ჰესი 1-ის ტერიტორიაზე არსებული მდ. მესტიაჭალას აუზის ფარგლებში ადრეული შეტყობინების სისტემების პროექტისა და მისი განხორციელების ტექნიკური გადაწყვეტილების და სტრატეგიული გეგმის შემუშავებას, რათა უზრუნველყოფილი იყოს როგორც სარეკონსტრუქციო და სამშენებლო სამუშაოების, ასევე ჰესის შემდგომი ექსპლუატაციის უსაფრთხოება.

მდ. მესტიაჭალას მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის პროექტის კონცეფციის შემუშავება მიმდინარეობს წინაკვლევებზე, დამკვეთის მოსაზრებებსა და მოთხოვნებზე და აგრეთვე, შპს HydroDiagnostics-ის მიერ შემოთავაზებულ თანმიმდევრულ, წინასწარ დამტკიცებულ კონცეპტუალურ, ტექნიკურ გადაწყვეტილებებზე დაყრდნობით.

მოცემული ანგარიში წარმოადგენს საბაზისო პროექტის მომზადების წინასწარ სტრატეგიას, რაც მოიცავს მეტეოროლოგიურ, ჰიდრომეტრიულ და გეოდინამიკურ პარამეტრებზე უწყვეტ ინსტრუმენტალურ (ადგილზე) და სატელიტურ დაკვირვებებს, უსაფრთხოების მართვის ცენტრალურ სისტემაში მათ ინტეგრირებას და საშუალო კონცეფციის ჩარჩოს. ტექნიკური გადაწყვეტილებებისა და ინსტრუმენტული სისტემების დეტალური არქიტექტურის შემუშავება განხორციელდა Sommer Messtechnik GmbH-თან (ავსტრია) თანამშრომლობით.

3 პროექტირების კონცეფცია

პროექტირების კონცეფცია და განსაზღვრული ტექნიკური გადაწყვეტილებები მომზადდა პირველ რიგში გერმანულ-ავსტრიული ჯგუფის მიერ 2019-2020წწ ჩატარებულ გეო-სამეცნიერო კვლევებსა და გეო-საფრთხეების შეფასებებზე დაყრდნობით.

ტექნიკური გადაწყვეტილებების შემუშავების პროცესში მოხდა განსაზღვრული საფრთხეების შეფასება და პრაქტიკულად გამოცდა. აღსანიშნავია, რომ განსაზღვრული ბუნებრივი/გეო-საფრთხეებიდან და ტერიტორიებიდან ყველა არ ხვდება წინამდებარე დავალების ფარგლებსა და ინტერესის სფეროში. თუმცა, ყურადღება განსაკუთრებით გამახვილდა მესტიაჭალა ჰესი 1-ის რეაბილიტაციის პროექტთან და განსაზღვრულ ფართობებთან შესაბამის საფრთხეებზე.

ამოცანის მიზნების მისაღწევად მოხდა სხვადასხვა ტექნოლოგიის შეფასება და შემუშავდა კომბინირებული მეთოდოლოგიის კონცეფცია. კონცეფცია ითვალისწინებს დისტანციური სატელიტური სენსორების და ადგილზე ინსტრუმენტული სისტემების გამოყენებას რეალურ დროში, რაც იძლევა სხვადასხვა საფრთხის მონიტორინგის, ხელახალი შეფასების და მრავალმრიანი ადრეული შეტყობინებისა და გაფრთხილების შესაძლებლობას სხვადასხვა ვადებში.

აუზის განიერ დონეებზე საშუალო და ფართომასშტაბიანი გეოდინამიკური პროცესებისა და საფრთხეების სეზონური იდენტიფიცირების და ორ-კვირიანი განახლების გრაფიკის გათვალისწინებით იგეგმება მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების პირველ ფარად InSAR-ის (ინტერფერომეტრული რადიოლოკაციის სადგური სინთეზური აპერტურით) და სატელიტური ოპტიკური ფოტოების ანალიზის განხორციელება.

მოკლევადიანი შეტყობინების გადაწყვეტილების სახით გათვალისწინებულია სპეციალური, ინტერნეტ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული მეტეოროლოგიური პროგნოზირება, რომელიც უზრუნველყოფს ტერიტორიაზე მოსალოდნელი ამინდის შესახებ ინფორმაციას, ყოველდღიური და ყოველკვირეული პროგნოზის სახით. შესაბამისად, შესაძლებელი იქნება წინასწარ სიფრთხილის ზომების მიღება და სამშენებლო და საოპერაციო საქმიანობის სათანადოდ დაგეგმვა.

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

დაბოლოს, წყალშემკრებში კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ჰიდრომეტეოროლოგიური და გეოდინამიკური პროცესებისა და პარამეტრების რეალურ დროში მონიტორინგის მიზნით შემოთავაზებულია ადგილობრივად ინსტრუმენტული მონიტორინგის ქსელის გამოყენება, რაც შექმნის სხვადასხვა ლოკალური და ინტერნეტ შეტყობინებისა და ადრეული გაფრთხილების ინიცირების საფუძველს.

მომდევნო თავებში შეგიძლიათ იხილოთ შემოთავაზებული მეთოდებისა და ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების აღწერა.

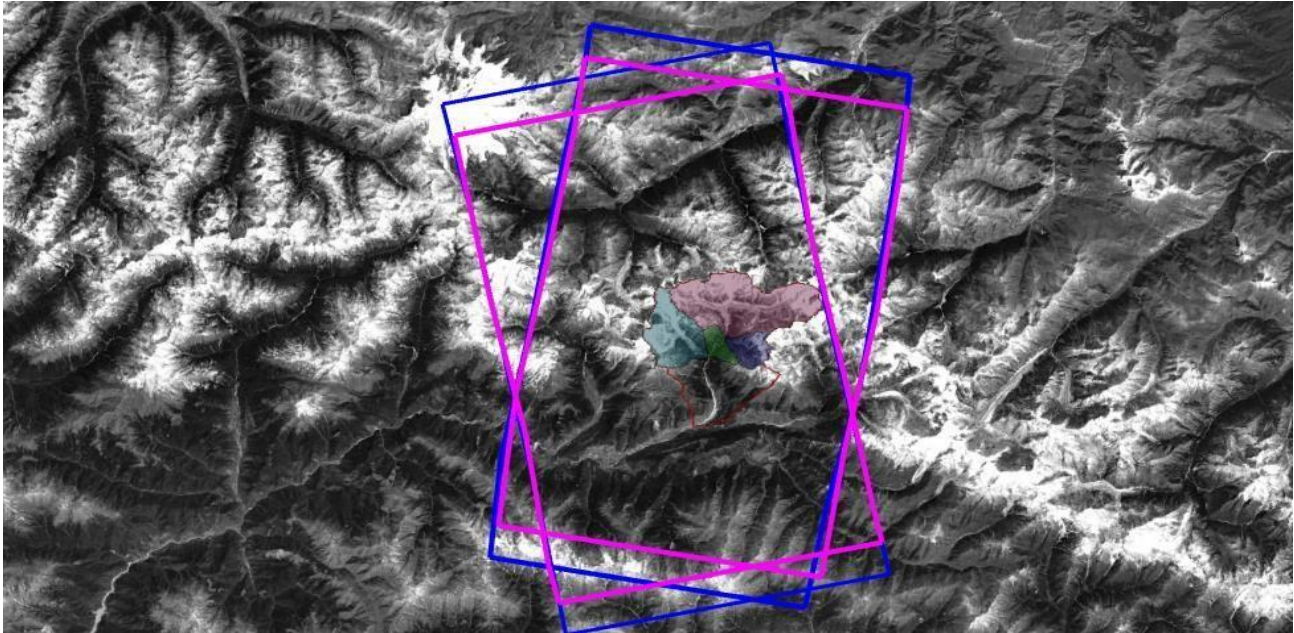
3.1 InSAR ანალიზი და მონიტორინგი

SAR სატელიტი დედამიწის ზედაპირის ფოტოგადაღებას უზრუნველყოფს ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებით და არეკლილი სიგნალის ანალიზით. რადგან SAR სატელიტები უწყვეტად ბრუნავენ დედამიწის გარშემო, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში შესაძლებელია ერთი და იმავე ადგილისთვის მთელი რიგი SAR ფოტოების შეკრება, საიდანაც მივიღებთ ინფორმაციას დედამიწის ზედაპირის ეკოლოგიის შესახებ.

SAR-ის თითოეული ფოტო იძლევა ორ უმნიშვნელოვანეს ცნობას: ფაზისა და ამპლიტუდის შესახებ. ფაზა დაკავშირებულია სენსორსა და სამიზნეს შორის არსებულ მანძილთან და რადარის სიგნალის სწორედ ამ მახასიათებლის გამოყენება ხდება ინტერფერომეტრული დანიშნულებით (InSAR - SAR ინტერფერომეტრია). ამპლიტუდა კი უკავშირდება უკან დაბრუნებული სიგნალის ენერგიას და გამოიყენება ლაქების/პიქსელების მონიტორინგისთვის და ცვლილებების საფუძველზე რუკების განახლებისთვის.

ხდება როგორც ფაზური, ასევე ამპლიტუდის გაზომვა და სხვადასხვა სატელიტითა და ტექნიკით გადაღებული SAR ფოტოების კრებულის გაანალიზება და ტერიტორიაზე InSAR-ის განხორციელების ტექნიკური შესაძლებლობის შეფასება.

უმნიშვნელო გადაადგილებაზეც კი SAR სატელიტის მგრძნობელობის წყალობით ხშირი სატელიტური InSAR მონიტორინგი იქცა მოცემულ დარგში მიწის ზედაპირის გადაადგილებისა და აჩქარების ცვლილების ხასიათის ადრეული იდენტიფიცირებისთვის სტანდარტულად გამოყენებულ ინსტრუმენტად.

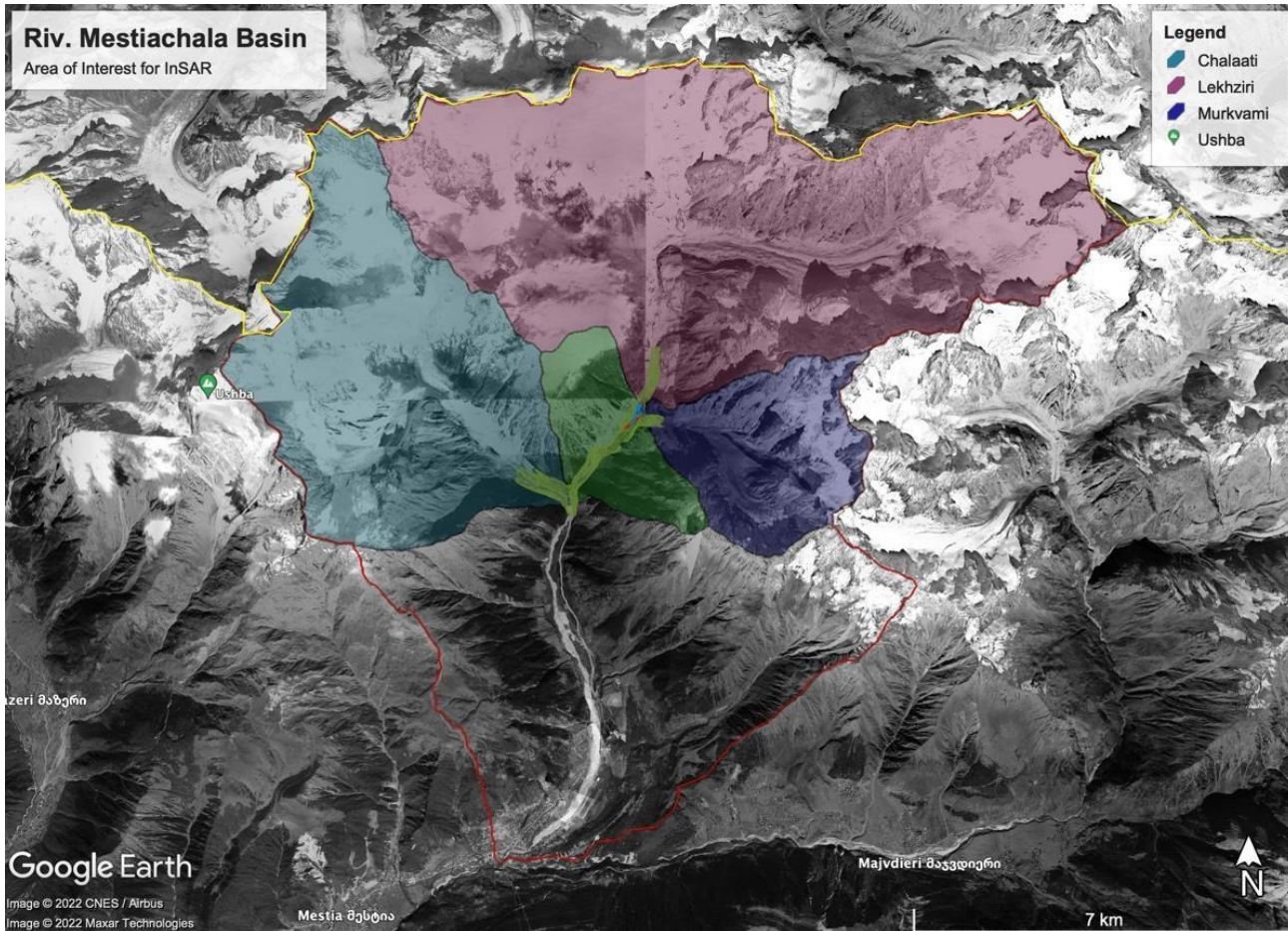


ფოტო 1: X-დიაპაზონის დაფარვის სატელიტის ტერიტორიული მიზანშეწონილობის შემოწმება

ურთიერთსაპირისპირო გეომეტრიის მქონე ფოტოების წყების ანალიზით შესაძლებელია მიწის ზედაპირის ჭეშმარიტი ვერტიკალური და აღმოსავლეთ-დასავლეთის მიმართულების ჰორიზონტალური კომპონენტების განსაზღვრა. ამგვარად მეტი სიზუსტით არის შესაძლებელი ხმელეთის რყევების და წყალშემკრებ აუზში გადაადგილების შემჩნევა.

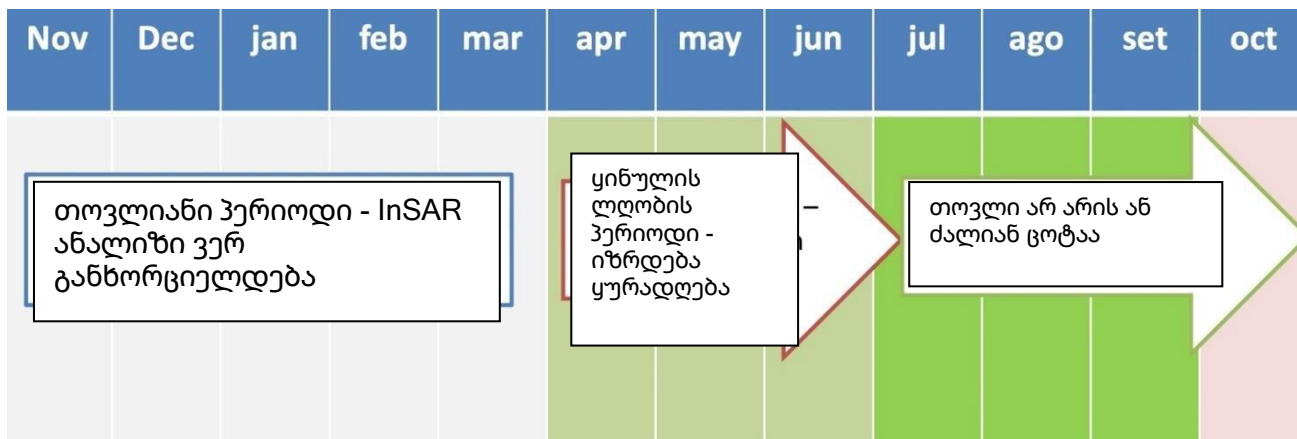
მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

შედეგად, მდ. მესტიაჭალას აუზისთვის, მურყვამის და ლეხზირის ქვე-აუზების ჩათვლით, შემუშავდა InSAR-ის საწყისი მონაცემების ანალიზის და მონიტორინგის სხვადასხვა ვარიანტი. შესაბამისად, შესაძლებელი იქნება მესტიაჭალა ჰესი 1-ის ფართობსა და მდინარის აუზში ქანებისა და ფერდობის მერყეობისა და გადაადგილების გაზომვა და იდენტიფიცირება, ზედაპირის მახასიათებლებისა და რელიეფის ცვალებადობის შესახებ ინფორმაციის მიღება. ასევე გათვალისწინებულია მყინვარების სწრაფი ან დაჩქარებული მოძრაობის ადრეული გამოვლენა.



ფოტო 2: InSAR-ის დაფარვის ფართო არეალი

აღსანიშნავია, რომ ზამთარში თოვლიანი საფარის გამო აღინიშნება InSAR-ის ტექნოლოგიური შეზღუდულობა; ამიტომ, მონიტორინგის ვარიანტები შემუშავდა უფრო მომეტებული საფრთხის შემცველ და სამუშაოს ფარგლებში მოქვეულ პერიოდზე ფოკუსირებით.



ფოტო 3: InSAR-ის მონიტორინგის და ფოკუსირების წინასწარი ვადები

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

ქვემოთ ცხრილში მოცემულია შემოთავაზებული InSAR სერვისების დეტალური მონაცემები.

გასაზომი ფაქტორი	ჩანაწერი	SqueeSAR	სწრაფი მოძრაობის შემჩნევა
გადაადგილების დიაპაზონი	გადაადგილება > რამდენიმე სმ	გადაადგილების ნორმა < რამდენიმე სმ/წელში	გადაადგილების ნორმა < რამდენიმე სმ/წელში
SAR ფოტოების მინიმალური რაოდენობა	2	15-20	10
გაზომვის მაქსიმალური სიზუსტე	სანტიმეტრული	ნორმა: 1მმ/წ ნაკლები ერთჯერადი გაზომვა: 5მმ-ზე ნაკლები	1/10 SAR ფოტოს პიქსელი (რამდენიმეა ათობით სანტიმეტრამდე)
სივრცითი გარჩევადობა	ათობით პიქსელი (ათობით მეტრი)	ერთ-წერტილიანი სამიზნე	50-100 პიქსელი (ასობით მეტრი)
მოძრაობის კომპონენტები	1განზომილებიანი (LOS) 2განზომილებიანი (ვერტიკალური, აღმ-დას)	1განზომილებიანი (LOS) 2განზომილებიანი (ვერტიკალური, აღმ-დას)	2განზ. (LOS და აზიმუტი) 3განზ. (ვერტიკ., ჩრდ-სამხ., აღმ-დას.)
შედეგი	Geotiff რასტრული რუკა, kmz	ჰუნქები გეო-ლოკაციით, დროში მოცემული გადაადგილების მითითებით (shapefile ან მონაცემთა სხვა ბაზა)	ჰუნქები გეო-ლოკაციით, დროში მოცემული გადაადგილების მითითებით (shapefile ან მონაცემთა სხვა ბაზა)
გამოყენებადობა	- გადაადგილება > რამდენიმე სმ ორ გაზომვას შორის - დეორელაციის ან ძლიერი ატმოსფერული ხმაურის გარეშე უბნები	- გადაადგილების ნორმა > 5მმ/წ და რამდენიმე სმ/წ - დროსთან შესაბამისი რადარის სამიზნეები	- გადაადგილება > სმ/წ - კარგი და მკაფიო არეკვლის უბნები

ფოტო 4: InSAR სერვისების ტექნიკური მიმოხილვა

InSAR ანალიზში გათვალისწინებულია ორი სხვადასხვა სატელიტის გამოყენება საშუალო C და მაღალი გაფართოების X დიაპაზონებით.

Sentinel-1 (C- დიაპაზონი) შეუძლია მოგვანოდოს ჩვენთვის საინტერესო ტერიტორიის ისტორიული დეფორმირების საბაზისო რუკა 2019 წლიდან დღემდე, რაც მყარ საფუძველს ქმნის ზოგადი ფართომასშტაბიანი გეოდინამიკური პროცესების შეფასებისა და InSAR ვერსიების შემდგომი განვითარებისთვის, ასევე იძლევა მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის სტრატეგიების კორექტირების და ოპტიმიზაციის საშუალებას.

ტერიტორიაზე მონიტორინგისთვის მნიშვნელოვანი უპირატესობა იქნება ასევე მაღალი გაფართოების სატელიტური ფოტოების, როგორცაა TerraSAR-X (X-დიაპაზონი) გამოყენება. მაღალი გაფართოების ფოტოებზე მეტი სიმჭიდროვით არის წარმოდგენილი InSAR-ისგან მიღებული საზომი წერტილები, რაც თავის მხრივ იძლევა არასტაბილურობის ფენომენის უკეთ განსაზღვრის შესაძლებლობას მცირე უბნებშიც კი.

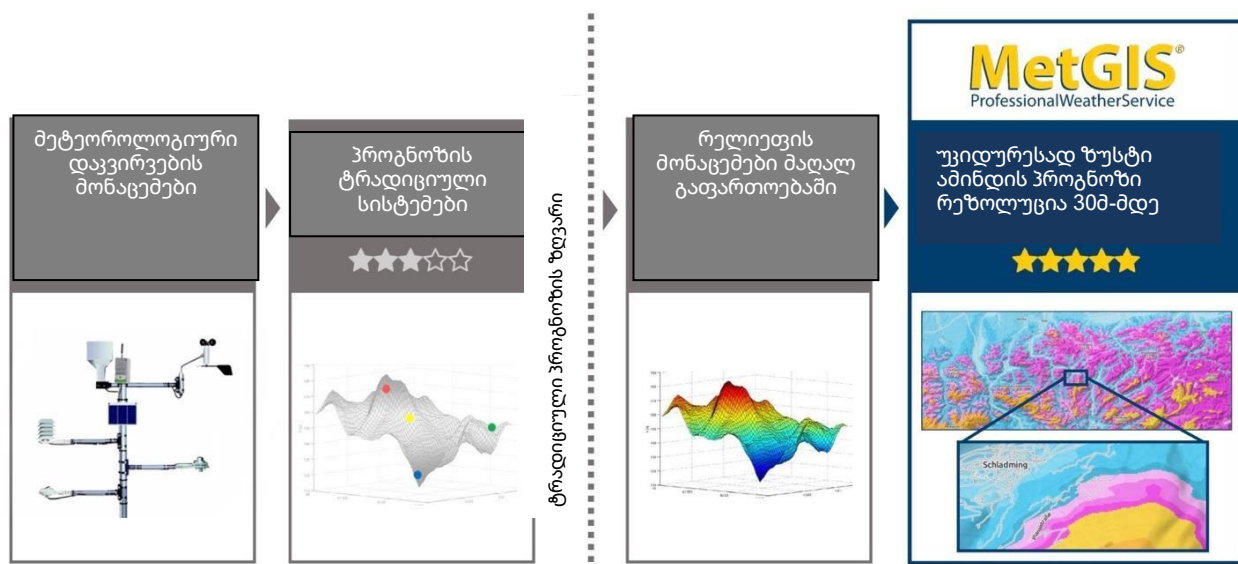
მონაცემების გადამუშავება მოხდება SqueeSAR ალგორითმის გამოყენებით, შედეგად კი განვსაზღვრავთ დროში გადაადგილების ფართობებს მილიმეტრული სიზუსტით.

საბოლოო ტექნიკური და ეკონომიკური საკითხები დაზუსტდება დამკვეთთან შეთანხმებით და ასევე შესაძლებელია მათი თანმიმდევრულად განხორციელება.

3.2 ინტერნეტ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული ამინდის პროგნოზი

MetGIS გახლავთ მძლავრი მეტეოროლოგიური პროგნოზის სისტემა, რომელიც სპეციალიზდება მაღალი გაფართოების პროგნოზული რუკების ავტომატურ წარმოებაში. იგი გვთავაზობს პროგნოზის ინოვაციურ მეთოდებს, სადაც გაერთიანებულია ამინდის პროგნოზირების რიცხობრივი მოდელი და უკიდურესად მაღალი გაფართოების გეოგრაფიული მონაცემები. ეს აშკარად უპირატესი აპლიკაციაა მთიანი რელიეფისთვის, რადგან საქმეში შემოდის საპროგნოზო წერტილების ზუსტი ამაღლება და ადგილმდებარეობა და შედეგად ვიღებთ დიდი სიზუსტის პროგნოზს. MetGIS იძლევა პროგნოზული რუკების ზედმიწევნით აგების შესაძლებლობას დისტანციურ რეგიონებში მცირე მასშტაბის ტერიტორიების დაფარვით და 100მ და მეტი ჰორიზონტალური გაფართოებით. მომხმარებლისთვის შემოთავაზებულ გრაფიულ ინტერფეისს გააჩნია ნავიგაციის უნიკალური თვისებები და იძლევა პროგნოზული რუკის ნებისმიერი წერტილისთვის მეტეოროლოგიური პროგნოზის ინფორმაციის აღდგენის შესაძლებლობას. მდინარე მესტიაჭალას აუზის, მათ შორის მურყვამისა და ლეხზირის ქვე-აუზების ფართობებში მეტეოროლოგიური პროგნოზირება და ანალიზი დაგეგმარება ადრეული შეტყობინებისთვის საკმარისი სიფრთხილის ზომების მიღებაში.

MetGIS იყენებს ამინდის პროგნოზის აღიარებულ და მაღალეფექტურ რიცხობრივ მოდელებს, როგორცაა აშშ-ს ამერიკის სახელმწიფო ამინდის სამსახურის GFS (გლობალური პროგნოზის სისტემა) და WRF (ამინდის კვლევისა და პროგნოზის მოდელი). MetGIS წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში, მათ შორის სამოქალაქო უსაფრთხოებაში, კატასტროფების კონტროლში, ზვავის შესახებ გაფრთხილება და ენერგოსერვისები (მზის, ქარის, წყლის).



ფოტო 5: ამინდის პროგნოზის მოდელის ალგორითმი

პროდუქტებისა და ვარიანტებიდან გამომდინარე პროგნოზის ხანგრძლივობა მერყეობს 2-დან 15 დღემდე, პროგნოზის განახლების სიხშირე კი - დღეში 1-დან 4 ჯერამდე. პროგნოზისთვის ხდება შემდეგი პარამეტრების შეყვანა: ჰაერის ტემპერატურა, ნალექის ინტენსივობა და ტიპი (თოვლი, ყინულოვანი წვიმა, თოვლჭყაპი, წვიმა), ახალი თოვლის სიღრმე, მუდმივი თოვლის ქვედა ზღვრის სიმაღლე, ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ღრუბლიანობა, ელ-ჭექის ალბათობა, ტემპერატურა შეგრძნებით, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, რადიაცია და სხვ.

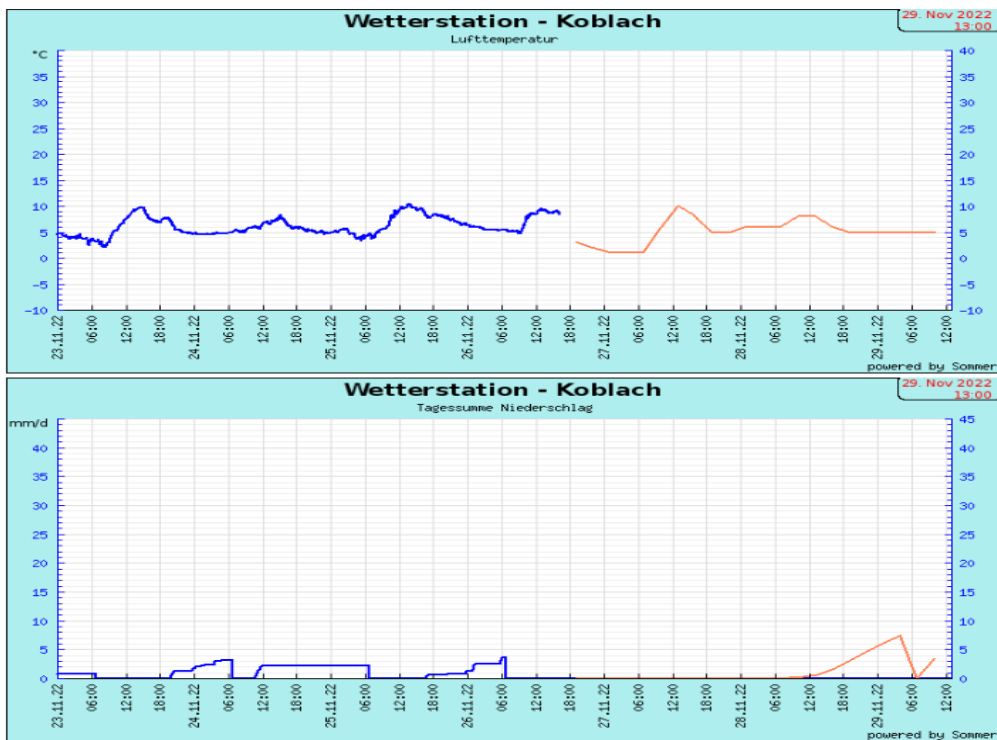
მდ. მესტიაჭალას აუზში ხსენებული მონაცემების მოპოვებით შესაძლებელია მოსალოდნელი მეტეოროლოგიური პირობებისა და ცვლილებების დაფიქსირება და მათზე რეაგირება, განსაუვრებით ძლიერი წვიმის შემთხვევაში, რასაც შეიძლება მოყვას ჰიდროლოგიური ან გეოლოგიური პირობების სავალალო განვითარება და განაპირობოს ბუნებრივი საფრთხეების წარმოშობა.

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

მონაცემთა ღრუბელში (cloud-ში) ამინდის პროგნოზის მონაცემების ინტეგრირებით, სადაც განთავსებულია რეალურ დროში ჩატარებული მეტეოროლოგიური გაზომვების შედეგები, იძლევა უდიდეს უპირატესობას, რაც გამოიხატება ყველა კრიტიკული მონაცემის მთავარ გვერდზე განთავსებაში. პროგნოზის მონაცემები შეტანილია გრაფიკებში, რომლებიც წარმოდგენილია იმავე დიზაინის მქონე რეალურ დროში ჩატარებული გაზომვების გვერდით (ფოტო 5). პროგნოზის სისტემა გამოითვლის და მოგვანჯდის 3 დღის მონაცემებს. პროგნოზი შეიძლება გაკეთდეს მხოლოდ იმ ადგილმდებარეობისთვის, რომლის მონაცემების შეყვანაც მოხდა სისტემაში, ან ასევე შესაძლებელია წყალშემკრები აუზისთვის მომზადდეს პროგნოზი და მოხდეს მისი ინტეგრირება მეტეო სადგურების მონაცემებში.

გაზომვის შედეგების სერვერის (MDS) შეტყობინების სისტემა იძლევა განსაზღვრული თვითმართვითი წერტილისთვის პროგნოზული მონაცემების გადამოწმების შესაძლებლობას (24-48 საათით ადრე). თუ მიღებული მონაცემები გადააჭარბებს ზღვრულ მაჩვენებლებს, სისტემ შეტყობინებას უგზავნის გადაწყვეტილების მიმღებ პირებს (ელ-ფოსტით ან მოკლე ტექსტური შეტყობინებით), რათა მათ შესაბამისი ღონისძიებები განახორციელონ მოსალოდნელი ამინდის პროგნოზზე დაყრდნობით. შეტყობინებისთვის დადგენილი ზღვრული მაჩვენებელი არ გახლავთ აბსოლუტური სიდიდე, თუმცა შეტყობინების სისტემის ამოქმედება მოხდება მაშინ, როდესაც პროგნოზის სისტემა იწინასწარმეტყველებს ძლიერ წვიმას განსაზღვრული დროის განმავლობაში.

პროგნოზის სისტემის მთავარ მიზანს წარმოადგენს ოპერატორისა და უბანზე მყოფი თანამშრომლებისთვის სარწმუნო ინფორმაციის მიწოდება მოსალოდნელი ძლიერი წვიმის და ნაშალის წარმოქმნის, წყალდიდობის და სხვა სტიქიური უბედურებების მზარდი რისკის შესახებ.



ფოტო 6: Sommer MDS ინტერნეტ პლატფორმაში წვიმის პროგნოზის ინტეგრირების მაგალითი

3.3 ადგილზე მონიტორინგი და ადრეული შეტყობინება

3.3.1 ადგილზე გასვლისა და კვლევის შედეგები

ადგილზე გასვლის მთავარ მიზანს წარმოადგენდა კონცეპტუალური გადაწყვეტილებების ტექნიკური განხორციელებადობის შეფასება, სისტემის არქიტექტურის კონკრეტული ტექნიკური საკითხების დაზუსტება და მოდიფიცირება, აგრეთვე საფუძვლიანი და აქტუალური მონაცემების შეკრება მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტის შემუშავებისთვის.

მესტიაჟალაში გასვლითი ვიზიტი განხორციელდა 2022წ 7-9 ნოემბერს. ტექნიკური ჯგუფი მთელი კვლევითი რადიო და GSM საზომი მოწყობილობებით მესტიაში იყო მობილიზებული 7 ნოემბერს. მეორე დღეს მეორე ჯგუფი გავიდა ადგილზე ვერტმფრენით ნატახტარის აეროპორტიდან და მესტიაში ჩაფრინდა (სასტუმრო „თეთნულდის“ ტერიტორიაზე) დაახლოებით დილის 11 საათზე.

შემუშავდა და შეთანხმდა ტერიტორიაზე სამოქმედო გეგმა, როგორც ვერტმფრენის, ასევე სახმელეთო ჯგუფისთვის. წარმატებით შემოწმდა და გაიმართა კავშირგაბმულობის მოწყობილობები როგორც ვერტმფრენის, ასევე სახმელეთო ჯგუფისთვის.

აგრეთვე უზომოდ საინტერესო იყო მფრინავთან ერთად დისტანცირებულ ტერიტორიაზე დიდ სიმაღლეზე საინსტალაციო სამუშაოების ტექნიკური განხორციელების შესაძლებლობის განხილვა.

ვერტმფრენის მისიის დასრულების შემდეგ სავლეთ სამუშაოები დასრულდა 9 ნოემბერს უპილოტო საფრენი აპარატით/დრონით ჩატარებული კვლევით და სათანადო სახმელეთო აქტივობებით.

გასვლითი მისიის შესახებ დეტალური ინფორმაცია მომდევნო თავებშია მოცემული.

3.3.1.1 რადიო და GSM დაფარვის შემოწმება

ორმხრივი რადიო კავშირგაბმულობის შემოწმება განხორციელდა სპეციალურად დამზადებული SOMMER-ის კავშირგაბმულობის მოდულის გამოყენებით, რომელიც აღჭურვილია მაღალი ყველა მხარეს მიმართული ანტენებით. რაც შეეხება GSM-ის სიგნალის დაფარვის არის შემოწმებას, გამოყენებულ იქნა მაღალ-ეფექტური მობილური სიგნალისა და ქსელის ანალიზატორი მოწყობილობა.

რადიო კავშირის შემოწმებისთვის სათაო სადგური განთავსდა ჰესი 1-ის წყალმიმღების ტერიტორიაზე. სიგნალის შემოწმება მიმდინარეობდა მთელი ფრენის განმავლობაში, აგრეთვე სახმელეთო ლოკაციებზე. ასევე სხვადასხვა ადგილიდან შემოწმდა და დაზუსტდა GSM ქსელის დაფარვა.



ფოტო 7: რადიო და GSM სიგნალის შემოწმება

აღსანიშნავია, რომ ჩვენი ინტერესის რაიონში ყველგან დაფიქსირდა ძლიერი და საიმედო რადიო კავშირი, თუმცა GSM სიგნალს შეზღუდული დაფარვის არეალი და უფრო სუსტი ზონები ჰქონდა, ვიდრე მოსალოდნელი იყო.

სისტემის კავშირგაბმულობის განლაგებისა და სიგნალის დაფარვის შემოწმების შედეგები დატანილია 2.3. ქვე-თავში მოცემულ რუკაზე.

3.3.1.2 მოწყობილობის სამონტაჟო ადგილების წინასწარი შეფასება

მთლიან ხეობაში მოწყობილობის სამონტაჟო უბნების წინასწარი შეფასება განხორციელდა ვერტიკალური ფრენით, უპილოტო საფრენი აპარატით/დრონით კვლევებით და ხმელეთზე ვიზუალური დაკვირვებებით (სადაც შესაძლებელი იყო). აგრეთვე შეფასდა და განისაზღვრა ბუნებრივი საფრთხეებისგან (ზვავი, მენყერი და სხვ.) მოწყობილობის პოტენციური დაზიანების რისკი, თავისთავად, გარკვეული განუსაზღვრელობით.

ამასთანავე, შეფასდა დიდ სიმაღლეებზე მოწყობილობის მონტაჟის ტექნიკური და ლოჯისტიკური შეზღუდვები. მფრინავთან ერთად განვიხილეთ ხსენებული სამონტაჟო საშუალებისთვის ვერტიკალური გამოყენების შესაძლებლობა და დადასტურდა ტექნიკური განხორციელების შესაძლებლობა. ამდენად, სავალდებულოა მფრინავთან მკაცრი და ეფექტური კოორდინაცია და ფრენის დეტალების ცოდნა.

შედეგად, კონკრეტული მოწყობილობებისა და სისტემის კომპონენტებისთვის შეირჩა სათანადო ადგილმდებარეობები, ალტერნატიულ ადგილებთან ერთად. საბოლოო განლაგების პროექტი და გეგმა მომდევნო თავშია მოცემული და საჭიროებს დამტკიცებას.



ფოტო 8: რადიო და GSM სიგნალის შემოწმება

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

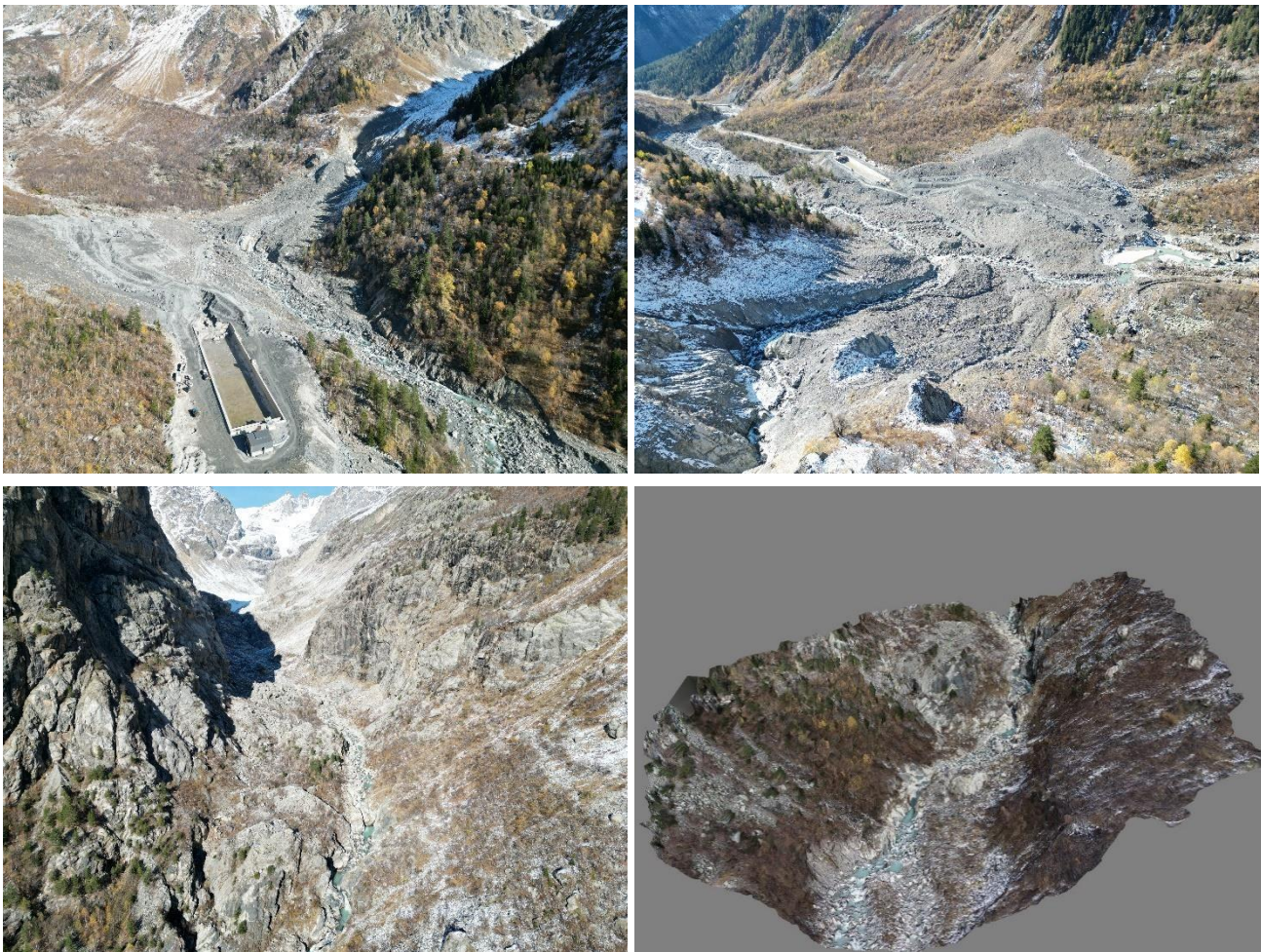
3.3.1.3 სამონტაჟო ადგილების და ინტერესის ობიექტების დათვალიერება უპილოტო საფრენი აპარატებით

კვლევის, რუკების შედგენისა დაბალ სიმაღლეზე განთავსებული ინტერესის არელების და სავარაუდო სამონტაჟო ადგილების ვიზუალური განსაზღვრისთვის წარმატებით მოხდა დრონების გამოყენება. განსაკუთრებით აღსანიშნავია მასის ჩამოშლის რადარის, ჩამონადენის აღრიცხვის სადგურის და წყალმიმღებთან არსებულ ცენტრალურ სადგურზე არსებული უბნები.

წყალშემკრებთან, ახალი შენობის დინების აღმა მიმართულებით და ძველი წყალშემკრები შენობიდან მდინარის დაღმა მიმართულებით 2 და 3 განზომილებიანი კვლევები ჩატარდა RTK GNSS დრონით. შემდგომ განხორციელდა კვლევის შედეგების დამუშავება და ანალიზი, შედეგად კი მივიღეთ პროექტის დიზაინისა და განხორციელებისთვის საჭირო ფაქტობრივი საბაზისო მონაცემები.

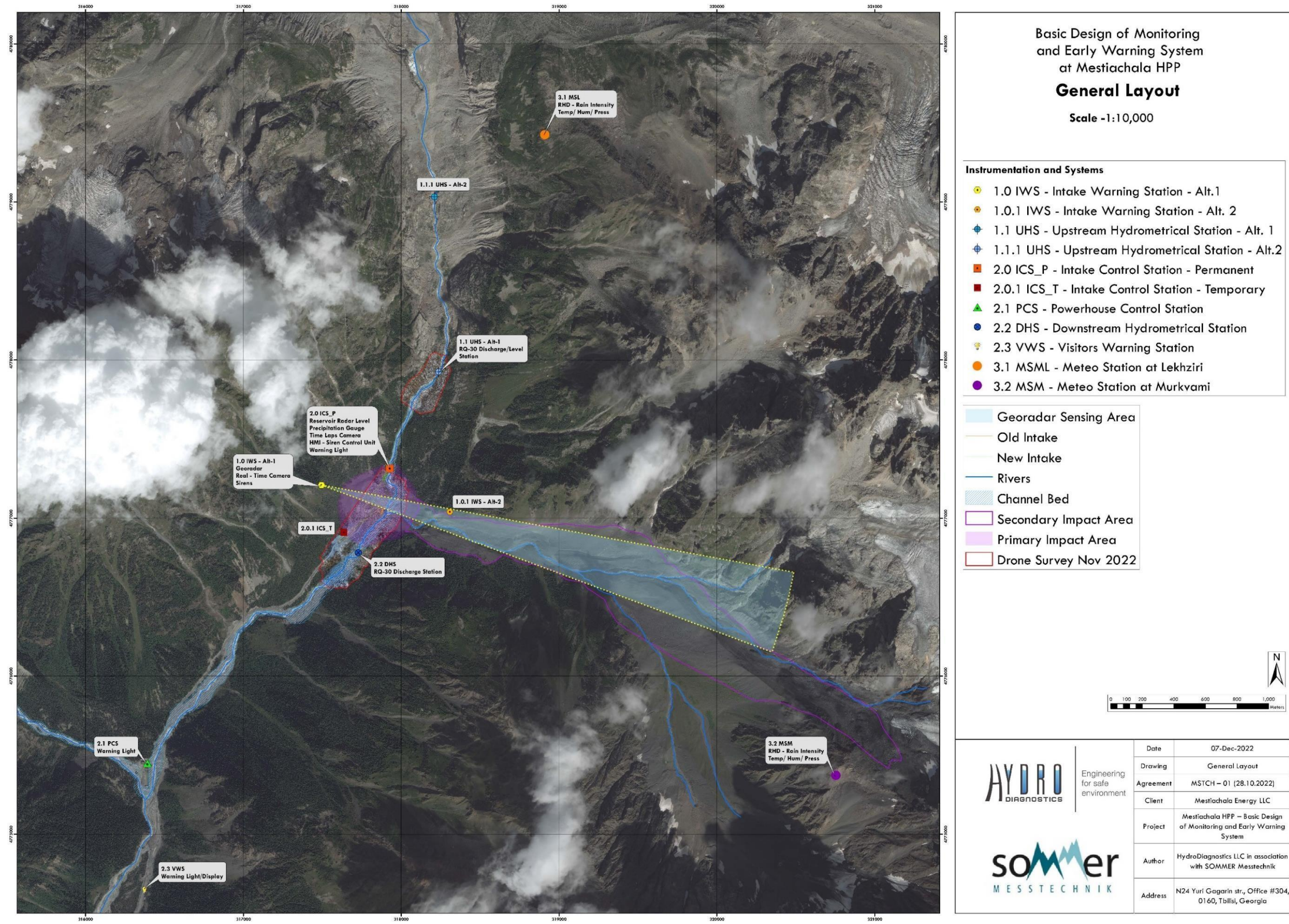
აგრეთვე განხორციელდა ლეზირისა და მურყვამის წყალშემკრების ვიზუალური (ფოტო/ვიდეო) დათვალიერება დრონით, რის შედეგადაც შეიკრიბა ფასეული ინფორმაცია ტერიტორიისა და მოწყობილობების განთავსების სავარაუდო ალტერნატიული ადგილმდებარეობების შესახებ.

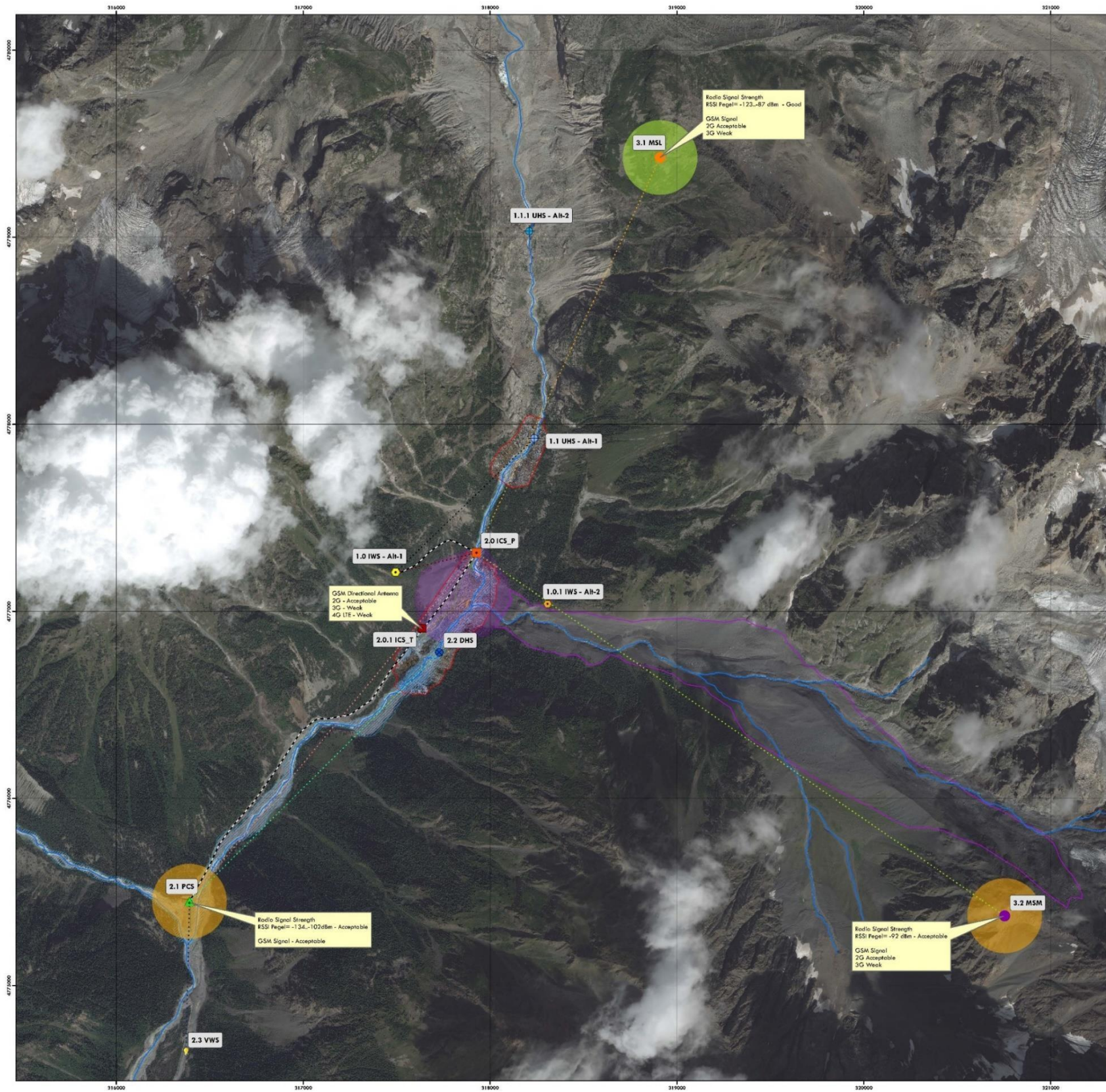
დრონით ჩატარებული კვლევის დამუშავებულ და ინტეგრირებულ შედეგებს და დოკუმენტაციას წარმოგიდგენთ საბუღალრო პროდუქტთან ერთად.



ფოტო 9: დრონით გადაღებული ფოტოები და 3-განზომილებიანი მოდელი

3.3.2 მოწყობილობების განლაგების გეგმა და კავშირგაბმულობის სისტემის განლაგება



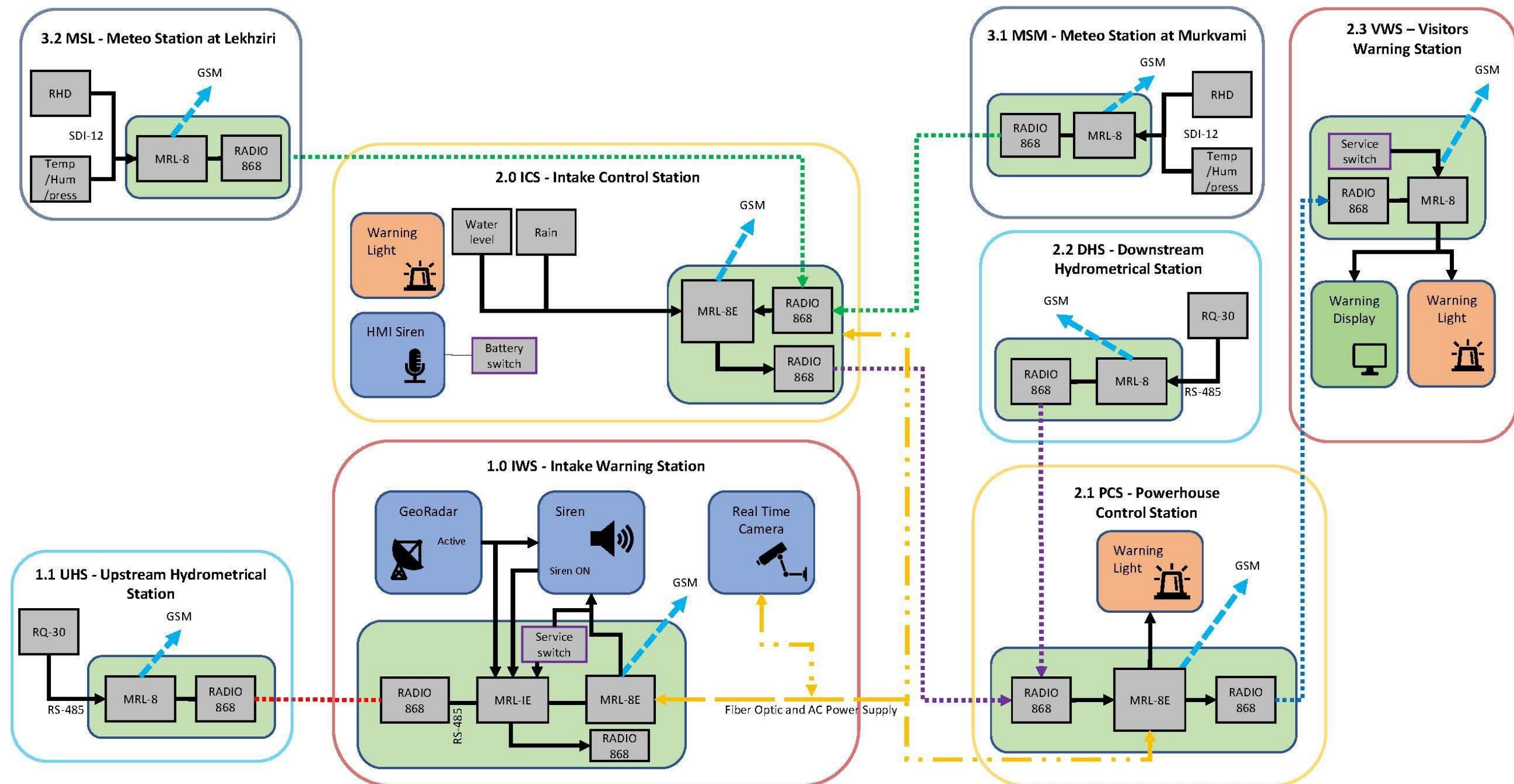


3.3.3 სისტემის კომპონენტები და არქიტექტურა

კრიტიკულად მნიშვნელოვანი გარემოსდაცვითი პარამეტრების ადგილობრივი მონიტორინგის კომპონენტებია: (1) რეალურ დროში განხორციელებული მეტეოროლოგიური გაზომვები, (2) და ნაშალის ნაკადის და ჩამოშლილი მასის გადაადგილების გამოვლენა (3) სხვადასხვა სახის კავშირგაბმულობისა და კონტროლის, განგამის და პერიფერიულ კომპონენტებთან კომბინაციაში. აგრეთვე, პოტენციურად კრიტიკულ უბნებში გათვალისწინებულია რეალურ დროში და პერიოდული სამეთვალყურეო კამერების მონტაჟი.

ქვემოთ მოცემულია სისტემის კომპონენტებისა და არქიტექტურის სქემა, მონიტორინგის კომპონენტებისა და სისტემების, კავშირგაბმულობის არხების და განგამისა და გაფრთხილების პერიფერიული ელემენტების ჩვენებით.

Communication and Systems' Architecture



3.3.3.1 მეტეოსადგური მურყვამთან - MSM_3.1 და მეტეოსადგური ლეხზირთან - MSL_3.2

მდ. ლეხზირისა და მურყვამის წყალშემკრების ზედა ნაწილში და ჰესი 1-ის წყალშემკრების ტერიტორიაზე იგეგმება რეალურ დროში მეტეოროლოგიური მონიტორინგის განხორციელება.

ლეხზირისა და მურყვამის მეტეოსადგურებს ერთნაირი კონფიგურაცია და Sommer-ის წვიმის-სეტყვის-წვიმის წვეთების (RHD) საზომი ექნებათ, რომლის საშუალებითაც მოხდება რეალურ დროში წვიმის ინტენსივობის გაზომვა. RHD გახლავთ ძალიან ძლიერი აუსტიკური სენსორი. მისი უდიდესი უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ სენსორს აბსოლუტურად არ სჭირდება მოვლა-შეკეთება, რაც ზოგადად სავალდებულოა უკიდურესად რთულად მისასვლელი ადგილებისთვის. RHD-ის შეუძლია მხოლოდ თხევადი სახის ნალექის გაზომვა; იგი ვერ აფიქსირებს და ზომავს თოვლს. თუმცა, წყალშემკრებ ტერიტორიაზე მონიტორინგისთვის უმნიშვნელოვანეს ჰარამეტრს წვიმა წარმოადგენს, რასაც შეუძლია მასის ჩამოშლისა და ჩამოდინების გამოწვევა. შემოთავაზებული RHD სენსორის დეტალური მონაცემები შეგიძლიათ იხილოთ ქვემოთ მოცემულ ბმულზე.

<https://www.sommer.at/en/products/wind-weather/rain-sensor-rhd>

ასევე გათვალისწინებულია ისეთ დამატებით ჰარამეტრებზე დაკვირვება, როგორცაა ჰაერის ტემპერატურა, ტენიანობა და წნევა. SOMMER SOM-ONE-ში მრავალფუნქციური სენსორი იქნება ინტეგრირებული ზემოხსენებული მეტეოსადგურებისთვის.

მეტეოსადგურები სრულად ავტონომიური იქნება და იმუშავებს მზის ენერგიაზე. სათადარიგო აუმულატორებით უზრუნველყოფილი იქნება მინიმუმ 2-თვიანი უწყვეტი ფუნქციონირება მზის ენერგიით დამუხტვის შეუძლებლობის შემთხვევაში. SOMMER-ის მაღალეფექტური IP67-ით დაცული MRL-8 მონაცემთა რეგისტრატორი, რომელიც ექსტრემალურ ალპურ პირობებზეა გათვლილი, უზრუნველყოფს გაზომილი მაჩვენებლების შეკრებას და გადაცემას. მონაცემთა რეგისტრატორის შესახებ დეტალური ინფორმაცია მოცემულია ქვემოთ მითითებულ ბმულზე.

<https://www.sommer.at/en/products/data-management-telemetry/data-logger-mrl-7>



მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

3.3.3.2 მდინარის ზედა ბიეფის - UHS_1.1 და ქვედა ბიეფის ჰიდრომეტრიული სადგური - DHS_2.2

გთავაზობთ მდ. მესტიაჭალაზე ჰიდრომეტრიული პარამეტრების რეალურ დროში მონიტორინგის მიზნით ორი სადგურის მოწყობას.

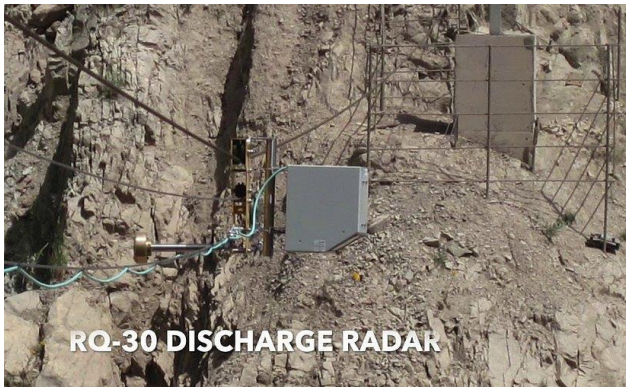
ნალექის გაზომვისთვის ერთი სადგურის განთავსება იგეგმება ახალი წყალშემკრების დინების ზედა ბიეფში. ტერიტორიაზე ვიზიტის დროს შევასადა და წინასწარ შეირჩა კიდეც ორი ალტერნატიული ადგილი. დინების ზედა ბიეფის სადგურის მთავარი დანიშნულება არის რეალურ დროში მდინარის ჰიდრაულურ ქცევაზე მონიტორინგი და ინფორმაციის გადაცემა და დინების მიმართულებით ხეობის ადრეულად გაფრთხილება ჩამონადენის ნაკადის და წყალდიდობის პოტენციური საფრთხის შესახებ.

ნალექების გაზომვის მეორე სადგურის განთავსება იგეგმება დინების ქვედა ბიეფში, ძველ წყალშემკრებთან და მურყვამის შენაკადთან. ამ სადგურის მთავარი დანიშნულება ზედა სადგურის მსგავსია - ნაკადის დაფიქსირება და მურყვამის წყალშემკრებიდანაც მომავალი პოტენციური ჰიდროდინამიური საფრთხეების შემჩნევა.

აგრეთვე, ტიპური გაფრთხილების მიზნით, მნიშვნელოვანი დანამატია მეტეოროლოგიურ მონიტორინგთან ერთად ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურების ქონა, რომელთა საშუალებითაც მოხდება განგამის სისტემის ზღვრული მაჩვენებლის კორექტორების და EWS კონფიგურაციის ოპტიმიზაციისთვის საჭირო კრიტიკული პარამეტრების ექსპერიმენტული კვლევა, განვითარება და განსაზღვრა.

ზემოთხსენებული ჰიდრომეტრიული დანიშნულებით ყველაზე მოწინავე და შესაფერისი სისტემა გახლავთ RQ-30 უკონტაქტო რადარი, რომელიც უზრუნველყოფს დინების სტადიის, სიჩქარის და შესაბამისად, მდინარის ჩამონადენის უწყვეტ მონიტორინგს. ორივე სადგური გაზომილ მონაცემებს გადასცემს რეალურ დროში მონაცემთა მართვისა და კონტროლის შესაბამის სადგურებს რადიოკავშირის ან, სადაც საჭიროა, GSM მოდემის გამოყენებით. შემოთავაზებული მოწყობილობის შესახებ დეტალური მონაცემების მოცემულია ქვემოთ მითითებულ ბმულზე.

<https://www.sommer.at/en/products/water/rq-30-rq-30a>





ფოტო 11: RQ-30 ჰიდრომეტრიული სადგურის მონტაჟის მაგალითი

3.3.3.3 წყალმომარაგების გამაფრთხილებელი სადგური - IWS_1.0 და წყალმომარაგების საკონტროლო პუნქტი - ICS_2.0

წყალმომარაგების ტერიტორიაზე კონკრეტული მიზნით გათვალისწინებულია ორი სახის კონტროლის, მონიტორინგისა და გაფრთხილების სადგურის მოწყობა.

წყალმომარაგების გამაფრთხილებელი სადგური _ IWS_1.0 შედგება გეორადარისა და რეალურ დროში სათვალთვალ საშუალებასთან კამერისგან, რომლებიც განთავსებული იქნება მურყვამის ხეობის მოპირდაპირე მთაზე, დიდ სიმაღლეზე. ეს ადგილი განზრახ შეირჩა 2019 წ. კატასტროფული მოვლენების პირველადი ზემოქმედების არეალის ფარგლებს გარეთ, იმავდროულად ხდება გეორადარის დისტანციური სენსორისთვის ოპტიმალური ხილვადობის ზოლის შერჩევა მურყვამის ხეობაზე. პრაქტიკულად, რადარის ჰემი-სფერის დაფარვის ზონაში ექცევა მთლიანი ხეობა მყინვარამდე, რაც ქმნის გეგმით გათვალისწინებულ პირობებს ხეობაში ქანების ნებისმიერი გადაადგილების, შესაძლებლობის ფარგლებში, მაქსიმალურად ადრე დაფიქსირებისთვის. სადგური აღიჭურვება მძლავრი ელექტრო-სიგნალიზაციითა და განგამის სირენებით, რომლებსაც ექნებათ ავტომატური ან მექანიკური ამოქმედების შერჩევითი ფუნქცია. სადგურის პროექტში გათვალისწინებულია ყველა მნიშვნელოვანი მონაცემები, სიგნალიზაციის კონტროლი, მართვის სისტემები და პერიფერიული კომპონენტები ისე, რომ მაქსიმალური დოზით შენარჩუნდეს კავშირგაბმულობა და სათადარიგო ენერჯის მარაგი. სადგური ასევე იქნება სრულად ავტონომიური და ავტომატურად ფუნქციონირებადი, შესაძლებელი იქნება განგამის სიგნალიზაციის პირდაპირ გააქტიურება გეორადარის მიერ მურყვამის ხეობაში მიღებული სენსორული მარცვლებების და სხვა, წინასწარ განსაზღვრული ზღვრული პარამეტრის მონიტორინგის მიხედვით. აღსანიშნავია, რომ სადგურის სრული სიმძლავრით ასამუშავებლად საჭირო იქნება ცვლადი ელექტროენერჯია და ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კავშირგაბმულობა, რაც დამკვეთთან უნდა შეთანხმდეს.





ფოტო 12: გეორადარის სადგურის მონტაჟის მაგალითი

წყალშემკრების საკონტროლო სადგური - ICS_2.0 სისტემის არქიტექტურის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია მონაცემთა შეკრების, მართვის, კავშირგაბმულობის ქსელის და ადგილობრივი კონტროლის ფუნქციის თვალსაზრისით. სადგური აღიჭურვება ლოკალური გამაფრთხილებელი განათებით და სიგნალიზაციის კონტროლის HMI მოწყობილობით რადიოკავშირის საშუალებით დისტანციური კონტროლისა და ხმოვანი შეტყობინებებისთვის. ამ სადგურებში ასევე მოხდება ნალექის მზომის და კოლექტორში წყლის დონის მზომი რადარის ინტეგრირება.

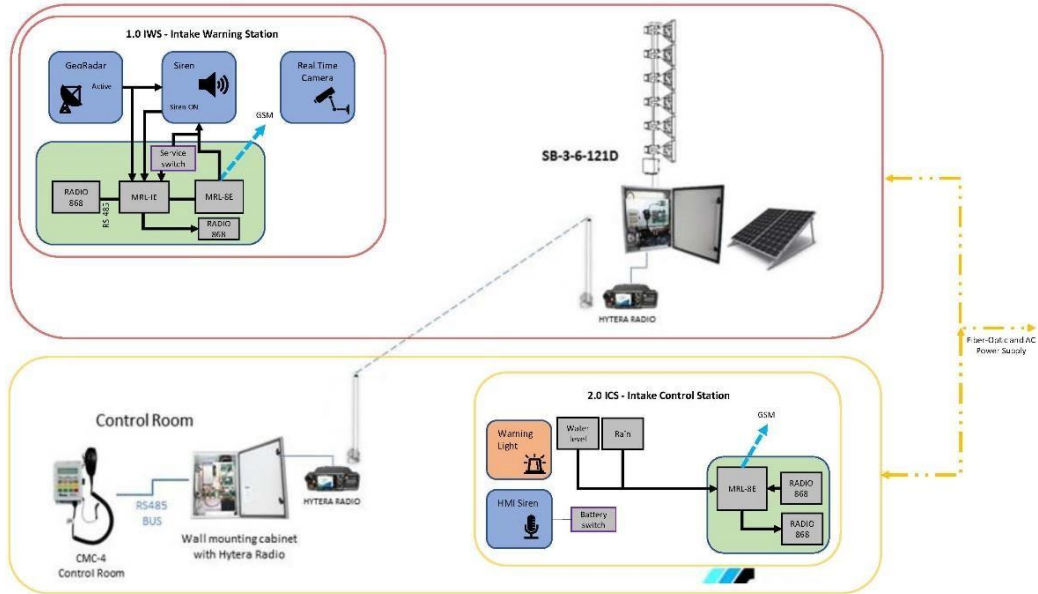
წყალშემკრების საკონტროლო სადგურში ასევე დამონტაჟდება სხვა სახის წვიმის სენსორი სახელდობრ, SOMMER NIWA - ნალექის წონური საზომი მოწყობილობა. NIWA სენსორი გახლავთ მაღალი სიზუსტის სენსორი, რომელსაც შეუძლია, როგორც თხევადი, ასევე მყარი ნალექის გაზომვა. NIWA-ს ზამთრის პერიოდში ფუნქციონირებისთვის საჭირო იქნება სენსორის ცვლადი ენერგიით გათბობა, ამიტომ სადგურის ელექტრო-მომარაგებისთვის გამოყენებული იქნება მაგისტრალური ხაზი. სენსორის ტექნიკური მახასიათებლების ნახვა შესაძლებელია ქვემოთ მოცემულ ბმულზე.

<https://www.sommer.at/en/products/wind-weather/precipitation-gauges>

მეტეოსადგურების რეალურ დროში უწყვეტი და საიმედო ფუნქციონირების და მონიტორინგის შედეგების ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფის მიზნით, ჩამონტაჟებულ GSM მოდემთან ერთად, სისტემები აღჭურვილია რადიო მოდულებით. ხეობაში GSM სიგნალის სუსტი დაფარვის გათვალისწინებით, მეტეო-სადგურებსა და საკონტროლო სადგურებს შორის პირველადი კავშირგაბმულობისთვის შეირჩა 868 MHz რადიო სიხშირე. თუმცადა, სადგურები მაინც აღიჭურვება დიდი გამაძლიერებლის მქონე ანტენებით, რომლებიც სავარაუდოდ გამოყენებული იქნება კავშირგაბმულობის სათადარიგო ვარიანტის სახით იქ, სადაც ხელმისაწვდომი არ იქნება GSM ოპერატორის სერვისი.

სარეაბილიტაციო სამშენებლო სამუშაოების დროს გათვალისწინებულია სადგურის დროებით განთავსება წყალშემკრების გარშემო მოწყობილი სამშენებლო მოედნის ტერიტორიაზე, რაც მოგვცემს ადგილობრივად EWS სისტემების უწყვეტი მონიტორინგისა და კონტროლის საშუალებას. ახალი შენობის აშენების შემდეგ კი მოხდება სადგურის ახალი წყალშემკრების ტერიტორიაზე გადატანა.

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი



ფოტო 13: წყალშემკრების გამაფრთხილებელი და საკონტროლო სადგურების სქემა

3.3.3.4 ელექტროსადგურის საკონტროლო სადგური - PCS_2.1 და ვიზიტორთა გასაფრთხილებელი სადგური - VWS_2.3

ელექტროსადგურის საკონტროლო სადგური - PCS_2.1 ძირითადად გამიზნულია მონიტორინგის და EWS ყველანაირი მონაცემის და მესტიაჭალას დინების ზედა ბიფვის სისტემების მიერ კავშირგაბმულობის არხებით (ოპტიკურ-ბოჭკოვანი, რადიო და GSM) 24/7 გადაცემული მონაცემების ელექტროსადგურის შენობაში მოწყობილ საკონტროლო ოთახში შეკრების, მართვის და ჩვენებისთვის. ამასთანავე, გამაფრთხილებელი განათებაა გათვალისწინებული ელექტროსადგურის ოპერატორების ვიზუალური შეტყობინებისთვის. ამავე სადგურიდან მოხდება ვიზიტორების გასაფრთხილებელ სადგურთან კავშირი და კონტროლი.

ვიზიტორების გასაფრთხილებელი სადგური - VWS_2.3 გამიზნულია მესტიაჭალას ხეობის ზედა ნაწილში მოგზაურების ზოგადი ინფორმირებისა და გაფრთხილებისთვის. სადგურის შემადგენლობაში შევა გამაფრთხილებელი განათება და შეტყობინების დაფა, რომელიც მოგზაურებს მიაწვდის ინფორმაციას მიმდინარე ეტაპზე განსაზღვრული საფრთხის შესახებ. სისტემა აღჭურვილი იქნება როგორც დისტანციური, ასევე ლოკალური კონტროლის ფუნქციით.



ფოტო 14: შეტყობინებისა და გამაფრთხილებელ

3.4 მოვლენების შემჩნევა და გადაადგილების პერიოდები

შემოთავაზებულ სხვადასხვა ტექნიკურ გადაწყვეტილებასა და მეთოდთან ერთად, რომლებიც იძლევა პოტენციურად მოსალოდნელი ბუნებრივი საფრთხეების უკეთ შემჩნევს, შეტყობინებისა და გაფრთხილების შესაძლებლობას, დროის როგორც გრძელ, ასევე მოკლე პერიოდში, განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მოვლენების განვითარების რეალურ დროში დაფიქსირების და სათანადო ადგილობრივი სისტემების გამოყენების შესაძლებლობას.

შეტყობინებისა და განგამის თვალსაზრისით კრიტიკულად ყველაზე მნიშვნელოვან ადგილს წყალშემკრების ტერიტორია წარმოადგენს, სადაც ძირითადი სარეაბილიტაციო და სამშენებლო საქმიანობები იგეგმება.

მურყვამის და მესტიაჭალას წყალშემკრებისთვის გათვალისწინებულია წინასწარ განსაზღვრული საფრთხეების ორი ვარიანტი და შესაბამისად შეფასებულია, რამდენად საკმარისი და გამოყენებადი იქნება შემოთავაზებული ადგილობრივი ხელსაწყოები. ნაშლის/ჩამონადენი მასის დინების მონაცემები ამოღებულია მურყვამისა და მესტიაჭალას (ლუხზირის) ხეობებში ჩატარებული რიცხობრივი მოდელირებიდან. გათვალისწინებულია 1-30, 1-100 წლიანი წყალდიდობები და 2019წ მოვლენების უკუ-მოდელირება („მესტიაჭალა ჰესის პრიორიტეტული პროექტები: 2020წ საველე კვლევის და გეოსაფრთხეების ანალიზის საბოლოო დასკვნა“, ავტორი: BOKU, TRUMER Schutzbauten, და baugelogeisches büro bauer, 2020წ). დაფიქსირების მომენტიდან დანიშნულების პუნქტამდე გადაადგილების დროის გასაანგარიშებლად გამოყენებულ იქნა უფრო მაღალი საშუალო სიჩქარის მონაცემები.

გადაადგილების დროის საშუალო მაჩვენებლები წარმოდგენილია ქვემო მოცემულ ცხრილში.

მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემის საბაზისო პროექტი

ვარიანტები / საფრთხეები	აღმოჩენის სისტემა/სადგური	მანძილი შემჩნევიდან მშენებლობამდე/წყალ შემკრებამდე (მ)	საშუალო სიჩქარე (მ/წმ)	გადაადგილების დრო (წმ)
ქანების-ყინულის მეწყერი / ნაშალის გადაადგილება მურყვამის შენაკადიდან	1.0 IWS_ გეორადარი	3000	15	200
ნაშალის დინება / წყალდიდობა ლეხზირის ქვე-შენაკადიდან	1.1-UHS-Alt-1 RQ-30/დონე	710	8-10	70
ნაშალის დინება / წყალდიდობა ლეხზირის მცირე წყალშემკრებიდან	1.1.1-UHS-Alt-2 RQ-30/დონე	1880	8-10	180

ცხრილი 1: გადაადგილების სავარაუდო დროები

დამკვეთის მიერ მოწოდებული წყალშემკრებისა და სამშენებლო ტერიტორიის საეკუაციო გეგმის მიხედვით განისაზღვრა, რომ ზემოთ გაანგარიშებული გადაადგილების დრო სათანადო და შესაბამისია.