



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# بررسی فرسایش و زبری سطح آبروهای جنگل خز با استفاده از اندازه

## های خار سنج و اسکن لیزری زمین

### چکیده

فعالیت و عملیات انسانی در جنگل های خزه مثل زهکشی، حمل رسوب و فرودست رسوبات افزایش یافته و منجر به ایجاد پیامدهای زیانبار اکولوژیکی شده است. هدف تحقیق تعیین تغییرات مقدار فرسایش / رسوب و زبری سطح آبروهای جنگل خزه با اندازه گیری برش مقطع آبرو و میکرو توپولوژی سطح با دو روش متناوب است : خار سنج دستی و اسکن لیزر زمینی (TSL). این روش ها در آبرو پوده زا ر و آبرو دارای لایه نازک تورب اجرا شد که خاک کانی حساس به فرسایش را در یک دوره 2 ساله پس از پاک سازی زمین آبرو جای گذاری میکرد. نتایج تحقیق نشان می دهد که فرسایش آبرو قرار گرفته در معرض خاک کانی بیشتر از آبرو و خندق خزه است. درو روش برآورد نسبتاً مشابه فرسایش و رسوبات در آبروهای دارای لایه نازک تورب وجود تغییرات فراوان سطح مقطعی را نشان دادند، درحالی که نتایج رسوبات و فرسایش کوچک مقیاس تر در آبرو و خندق تورب متفاوت بود. مقادیر رسوب و فرسایش مبتنی بر TLS وابسته به اندازه روزنه و پنجره نمونه برداری مورد استفاده در برآورده ها بود. زبری سطح محاسبه شده از داده های خار سنج کمتر از داده های TLS بود. هر دو روش نشان دادند که زبری در کرانه های آبرو دارای لایه نازک تورب افزایش یافته است. داده های TSL نیز میزان زبری آبرو تورب را افزایش داد. افزایش زبری سطح به فرسایش و رشد نباتات نسبت داده می شود. هر دو روش برای اندازه گیری زبری سطح و میکرو توپوگرافی در مقیاس سطح مقطع آبرو مناسب بودند، اما، کاربرد پذیری، فرسختی، و سهولت کسب داده های TLS بدیهی تر بود. وجود لایه آب کم عمق هوموسی (قهوه ای تیره) که مانع کشف و آشکار سازی بستر آبرو می شد، عیب و نقص اصلی TLS بود. توانایی ژئو مورفولوژیکی روش ها به آشکار سازی تغییرات ارتفاع سطح  $0.1m \sim >$  محدود می شود.

### 1-مقدمه

جنگلهای شمالی خز 80٪ از کل نواحی پوشیده از خز جهان را در بر می گیرد. مناطق پوشیده از خز در کشورهای چون فنلاند، سوئید، روسیه برای عملیات جنگلداری بسیار استفاده میشوند. بیش از 50٪ از 9Mha

مناطق خز در فنلاند با آبروها و خندق های باز زهکشی شده است به طوری که حداکثر سالهای زهکشی این جنگلها در دهه 1960 و 1970 رخ داده است. در حال حاضر، خزه های آغازین برای هدف جنگلداری زهکشی نمی شوند، اما توجه به حفظ و نگهداری شبکه های آبرو است. حفظ و نگهداری شامل پاکسازی آبروهای قدیمی و تا حدودی خاکبرداری و گودال برداری آبروهای جدید مکمل در نواحی زهکشی است.

علی رغم اهمیت خزه ها در رشد جنگل، اما پاکسازی شبکه خندق ها یا آبروها به علت افزایش بارهای رسوب که منجر به کاهش کیفیت رسوب می شود و اختلال و آشفته گی زیستگاه آبریان و زیوگان می شود اثرات جانبی بر آب های سطحی دارند. بنابراین، روشهای محافظت از آب توسعه یافته اند و آنها به طور عملیاتی جهت کاهش اثرات مضر پاکسازی آبرو استفاده می شوند. البته، اجرا آنها مستلزم درک بهتر پروسه های فرسایش در سرچشمه ها می شود. استنبرگ و همکاران (2015a,b) اهمیت بررسی و تعیین کمیت پروسه های را در سرچشمه ها بالا رودها مطرح می کند زیرا خاک فرسایش یافته موجود جهت حمل در شبکه آبرو بیشتر از بار رسوب مشاهده شده در خروجی شبکه زهکشی است. پروسه های فرسایش آبرو در مناطق پوشیده از خز براساس تغییرات تورب، و نوع خاک کانی متفاوت است. نمونه های از خاک ها به سادگی فرسایش یافته در نواحی لایه نازک تورب عبارتند از: لای و لجن، ماسه و سایر رسوبات دوران چهارم زمین شناسی (Quaternary). روش معتبر آشکار سازی تغییرات ناچیز در توپوگرافی آبرو جهت پیشرفت تحقیق پروسه های فرسایش باید طراحی شود و توسعه یابد. فرسایش می تواند با تغییرات برجستگی ها و ناهمواری های توپوگرافی با میله های فرسایش، میله سنج، نقشه های جغرافیایی به کمک عکس های هوایی و اسکن لیزری زمین یا هواپردی اندازه گیری شوند. اسکن لیزری مجموعه بزرگی از داده های ابرهای نقطه ای را بدون ایجاد اختلال در مناطق مشاهده شده تهیه میکند، زیرا این داده ها مبتنی بر زمان های حرکت تپ های لیزی از اسکنر به اجزاء سطح هستند. بنابراین، اسکن لیزری زمین (TLS) برای تفکیک بالا و کسب دقیق تر داده ها ارجحیت دارد، در حالی که اسکن لیزری هوا برد مناسب اسکن مناطق بزرگتر مثل جنگل است. TLS برای بررسی توپوگرافی و فرسایش سطوح مختلف زمین و برای تعیین داده های هندسی مدلهای هیدرولیکی و پارامترهای کانال ها و مجراهای علفی و پوشیده از گیاهان مثل عامل انسداد استفاده شده است. اگر چه نااطمینانی های از این عوامل مثل نور خورشید، بارش باران و سطوح

خیس در زمان اجرا TLS رخ داده است اما این روش به علت پوشش دقیق و سریع نواحی بزرگ بدون اختلال در سطح برتر از سایر روش ها تصور می شود.

فقط از تحقیقات اندکی از TLS جهت بررسی توپوگرافی مناطق پوشیده از خز استفاده شده است. گرایسون و همکاران (2012) برآورده های TLS فرسایش مانداب های لایه ای و ورقه ای را در مناطقی از انگلستان ارائه دادند و به نتیجه مختلف TLS و اندازه گیری های میله و میخ فرسایش دست یافتند: افزایش خالص ارتفاع 2.5mm سطح تورب با TLS اندازه گیری شد در حالی که کاهش ارتفاع 38 میلیمتری سطح تورب با میله های فرسایش اندازه گیری شد. آنها معتقد بودند که هر دو روش باید با احتیاط انجام شود. بالهورن و همکاران (2009) از ALS جهت تعیین عمق اثرات سوختگی مناطق بزرگ (27900km<sup>2</sup>) خز های اندونزی استفاده کردند و روش اسکن لیزری قادر به تهیه نتایج کافی و دقیق در زمین های غیر قابل دسترس پذیر خز را بررسی کردند. استفاده از TLS در این تحقیق برای آشکار سازی توپوگرافی آبرو به علت تفکیک بهتر و دقت بالاتر بر روش ALS ترجیح داده شد. البته، به خوبی روش اجرا TLS در آبروها یا کانال های گود برداری شده در تورب که در آن سطوح خیس و تیره نور را جذب میکنند و بر دقت اندازه گیری اثر دارند، مشخص نیست. بنابراین باید روش برآورد فرسایش را به وسیله TLS پس از پاکسازی آبروها و خندق های جنگل ثابت کرد.

زبری سطح پارامتر دیگر مهم محیطی نیازمند بررسی است. این پارامتر با تغییر سرعت و آشفتگی جریان بر هیدرولیک های جریان کانال اثر می گذارد. افزایش زبری سطح سرعت جریان را کاهش می دهد و بر فرسایش و ظرفیت حمل نقل رسوبات اثر می گذارد. مشخصه زبری سطح در بسیاری از تحقیقات با استفاده از TLS و میله سنج با موفقیت انجام شده است. زبری سطح ملاک و اندازه تغییر فضایی ارتفاع سطح محاسبه شده از میکرو توپوگرافی خاک است و به عنوان شاخصی برای زبری سطح استفاده می شود. زبری سطح آبروها و خندق ها قبل از پاکسازی آبرو یا خندق پس از دهه ها انجام پروسه تجزیه مثل هم رمبی و تلاشی کنارهای آبرو و رشد نباتات بالا است. بنابراین، پروسه های فرسایش و رسوبات بر خواص هیدرولیکی آب رو اثر می گذارد. البته زبری سطح و تغییرات آن پس از پاکسازی آبرو و با تغییر ضخامت تورب ثابت نشده است.

هدف اصلی این تحقیق تعیین و تشخیص تغییرات توپوگرافی و زبری سطح در آبروهای جدیداً پاکسازی شده مناطق پوشیده از خز است. هدف تحقیق براساس این تحقیقات توضیح روش وقوع پروسه های فرسایش و

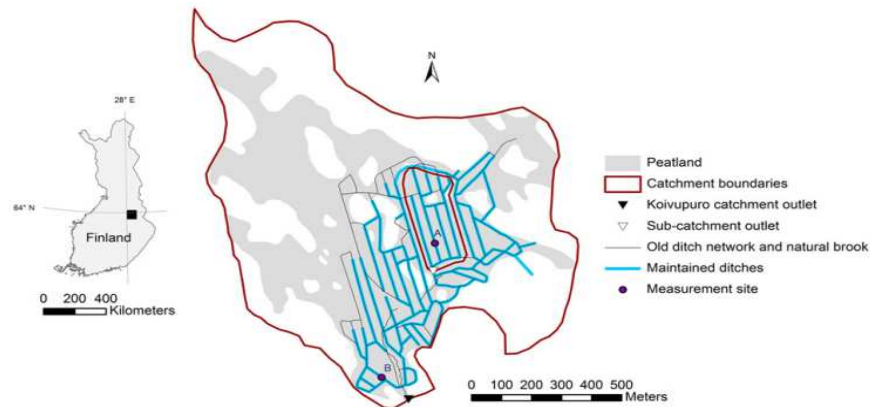
رسوبات در آبروهای داری پوشش ضخیم تورب و مناطق قرار گیری خاک های کانی حساس به فرسایش (رس سنگی) زیر لایه نازک تورب است. هدف دوم به منظور بررسی اعتبار پذیری نتایج مقایسه نتایج دو روش مختلف مورد استفاده برای اندازه گیری توپوگرافی سطح است میل سنج و TLS. این روشها در حال حاضر به ویژه در آبروهای غالب خز مقایسه شده اند. این روش های برای تعیین توزیع کوچک مقیاس فضایی و افزایش مقدار برش مقطعی فرسایش، رسوب و زبری سطح است. توانایی و قدرت ژئو مورفولوژیکی با ارزیابی تغییرات معنادار آماری بدست آمده از داده های میله سنج و TLS و روش ارایه شده توسط لان و همکاران (2003) بررسی می شود. تغییرات ارتفاع بخش گودبرداری شده آبرو وقوع فرسایش و رسوب را مشخص می کند. بعلاوه، اثر رشد نباتات بر مقادیر برآورد شده رسوب / فرسایش در آبروها بررسی می شود. از آنجایی که اثرات محیطی پاکسازی آبرو به زودی پس از خاکبرداری مشخص می شود، ما تغییرات رخ داده در طی دو سال اول را پس از عملیات بررسی میکنیم.

## مواد و روشهای تحقیق

### منطقه تحقیق

این تحقیق در آبرو koivupuro (شکل 1) شهر سوتکامو، فنلاند شرقی ( $63^{\circ}53'N, 28^{\circ}40'E$ ) انجام شد. مساحت این آبرو 113 هکتار است و آبرو از جنگل زهکشی شده / خزه (27 هکتار)، باتلاق های باز آغازین و جنگلهای مرتفع پوشیده شده از خاک کانی تشکیل شده است. جنگلهای اصولاً از کاج های Scots (Pinus sylvestris L) مختلط شده با کاج میلاد یا صنوبر نروژی (*Picea abies* L)، و درخت فان یا گوشه (*Betula pendula* Roth) تشکیل شده است. گیاهان زیر درختی شامل بوته های تنک (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *V. myrtillis*, *Empetrum nigrum*, *Rhododendron tomentosum*, *Charnaedaphne calyculata*) می شوند. سعد کوفی (*Eriophorum vaginatum*, *Carex sp*) و هسته سان های کدر (*Rubus chamemorus*) در این منطقه موجود هستند و اولین گونه های هستند که در کناره آبرو پس از پاکسازی آن همراه با خزه ها (*Sphagnum angustifolium*, *Pleurozium schreberi*) رشد کردند. میانگین رسوب سالانه این منطقه (2010-1981) 591 متر بود و میانگین دما هوا  $+2.3^{\circ}C$  بود. به طور متوسط برگ زمین این جنگلهای را از اواخر اکتبر

تا اواخر ماه آوریل می پوشاند. شبکه زهکشی در ماه اوت 2011 با بیل مکانیکی پاکسازی می شود و پس از این خاکبرداری عمق آبروها به 1 متر و عرض آنها به 2 متر می رسد. اندازه گیری توپوگرافی در آرو با لایحه ضمیمین تورب ( $>1.5\text{m}$ ) (A. شکل های 1 و 2) و آبرویی (B شکل 1، 2) انجام شد که به ترتیب ضخامت لایه تورب در سمت راست و چپ کناره آبرو 0.6 و 0.3 متر بود.



شکل 1: موقعیت آبگیر Kovupuro و سایت های اندازه گیری آبروهای A و B در شبکه زهکشی. آبرو A در منطقه دارای لایه ضخیم تورب ( $>1.5\text{m}$ ) در آبگیر کوچک فرعی و آبگیر B دارای خاک کانی روباز نزدیک به خروجی آبگیر اصلی واقع شده است.



شکل 2: آبگیر های (A) (a-b) ، و (B) (c-d) در اندازه گیری اول (اکتبر 2011) و آخر (جون 2013). پیکان های مسیر جریان را نشان می دهند

## اسکن لیزری زمین

ایستگاه اسکن Leica 2 برای جمع آوری داده های ابر نقطه ای توپوگرافی آبرو (شکل 3) استفاده شد. برد و دامنه اسکنر 300 متر و دقت آن 6 متر (موقعیت) و فاصله آن 4 متر در 50-1 متر بود. برشی از آبگیر با طول 4 متر (A و B) با دو موقعیت اسکنر، (در ضلع مختلف آبگیر) در هر تاریخ و هر آبگیر اسکن شدند. دو داده ابر نقطه ای پس از استفاده از نرم افزار Leica Cyclone و با استفاده از شش هدف صفحه ای Leica Geosystem HDS متصل شده با میخ به درختان اسکن بدست آمدند (سه هدف روی هر طرف آبگیر) و منجر به تهیه یک داده ابر نقطه ای برای هر آبگیر و هر تاریخ شدند. اسکن در هر دو آبگیر در طی چهار عملیات فشرده میدانی انجام شد: اکتبر 2011، می 2012، سپتامبر 2012 و جون 2013. اسکن ها با قرار گیری در وسط سازه تکیه گاهی میله سنج (شکل 2) دوباره در هر تاریخ و مسیر مشابه لبه های کنار آبرو تنظیم شدند. فرسایش با کاهش ارتفاع سطح تعیین شد و رسوب با افزایش ارتفاع سطح بین زمان های مختلف و با استفاده از روش زیر (شکل 4) مشخص شد. ابرهای نقطه ای زمان های مختلف با استفاده از نرم افزار CloudCompare و همساز ی و انطباق موقعیت سازه های چوبی (شکل 4) به سیستم مشابه مختصات همتراز شدند. سپس، ابرهای نقطه ای با ArcGIS جهت تولید شبکه نامنظم مثلثی شکل (TIN) با انتخاب کمترین نقاط. با استفاده از اندازه مختلف پنجره ای: 0.01m, 0.02m, 0.10m, 0.20m پردازش شدند. هر یک از TIN ها با استفاده از درون یابی طبیعی همسایه به یک نقطه (0.02m×0.02m) به یک نقطه تبدیل شد، و از نقطه های بدست آمده در زمان های مختلف محاسبه شدند. اختلاف ارتفاع در اندازه یاخته نقطه ( $4 \times 10^{-4} m^2$ ) به منظور دستیابی به تغییر حجم هر یاخته ضرب شد.

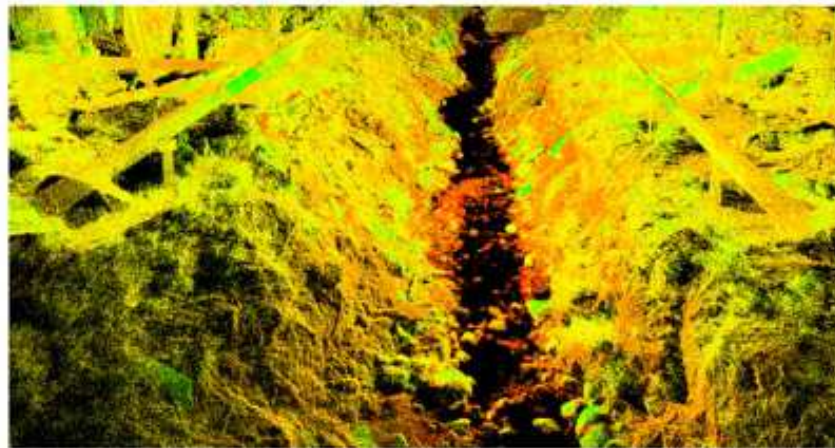
درون یابی معمولی Kriging به منظور بررسی اثر روش پردازش داده ها بر مقادیر فرسایش / رسوب نیز استفاده شد. داده ها با استفاده از کمترین نقاط بدست آمده برای اندازه های پنجره 0.1m و 0.2m به شبکه 0.02m×0.02m درون یابی شدند. فرسایش / رسوب به شیوه مشابه روش TIN محاسبه شدند. از اندازه پنجره 0.02 متر جهت دستیابی به میانگین برش مقطعی از داده های TLS جهت جستجو کمترین نقطه در هر پنجره (یاخته) استفاده شد، و منجر به ایجاد شبکه ای با یاخته های محاسبه 139×200 شد. سپس، میانگین ارتفاع بر طول سایت اندازه گیری (4 متر) در هر 139 محاسبه به عنوان میانگین 200 یاخته طولی محاسبه شد.

اهمیت آماری اختلافات ارتفاع با استفاده از روش آزمون  $t$ -لان و همکاران (2003) بررسی شد. ابتدا داده های نقطه ای با کسر میانگین برش مقطعی آبگیر از پایین ترین نقاط بدست آمده در دو اندازه مختلف پنجره ناروند سازی شدند. آمار  $t$ -اختلافات ارتفاع  $Z_1-Z_2$  به عنوان تابعی از انحراف استاندارد ( $\sigma$ ) داده های روند سازی نشده محاسبه شد

(1)

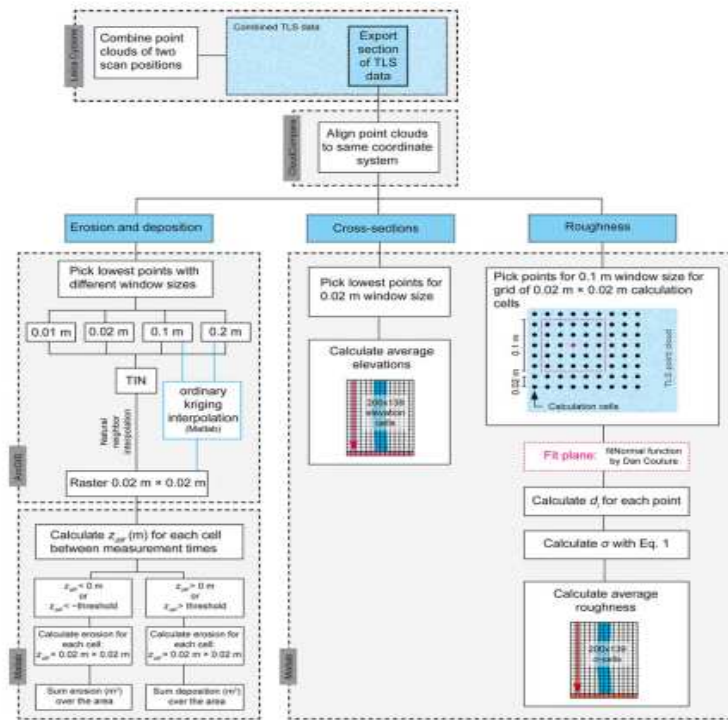
$$t = \frac{Z_1 - Z_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

آستانه های تغییرات معنادار آماری ارتفاع از ماده (1) با استفاده از سطح اطمینان 68٪ ( $t=1$ ) بدست آورده شد.



شکل 3: نمونه ای از داده های ابر نقطه ای TLS





شکل 4: مراحل مورد استفاده جهت محاسبه فرسایش، رسوب، برش های مقطعی، و زبری و سختی آبگیرهای بدست آمده از داده های TLS. نمادها:  $Z_{diff}$  اختلافات مختصات Z بین زمان های اندازه گیری،  $d_i$  فاصله نقطه تا صفحه هموار،  $\sigma$  انحراف استاندارد  $d_i$  است.

### اندازه گیری های میله سنج

نتایج بدست آمده از داده های TLS با اندازه گیری های انجام شده با میله سنج روی مقطع های مشابه آبرو مقایسه شدند. میله سنج به وسیله سازه های چوبی واقع شده در دو طرف آبگیر (شکل 2) و توسط تکیه گاه و حائل متحرک بین آنها که منجر به قرار گیری میله سنج در موازات کناره آبگیر می شد، حمایت می شد. میخ ها دارای میله های آلومینیومی بودند که (که در فاصله 0.02 متری از یکدیگر قرار داشتند) میخ سنج را ابتدا با دقت به سطح خاک پایین کشیده و قفل شدند. سپس میخ سنج از آبگیر به منظور عکسبرداری از نیمرخ سطح بیرون کشیده شدند. اندازه گیری های میخ سنج در فواصل 0.20 متری همراه با طول 4 متر مقطع آبگیر محصور شده به وسیله سازه های چوبی انجام شدند. میانگین مقطع آبگیر از داده های میخ سنج به عنوان میانگین 21 نیمرخ میخ سنج در طول مقطع آبگیر استنتاج شدند. داده های میخ سنج به منظور محاسبه تغییرات توپوگرافی (فرسایش و رسوب) با کریگینگ طبیعی شبکه 0.02 متر  $\times$  0.02 متر درون یابی شدند. هر دو طرف آبگیر به طور

جداکانه با سیستم مختصات چرخانده شده به طریقی که محور Z تقریباً قائم بر کرانه آبگیر بود، درون یابی شدند. دستگاه میخ سنج و پردازش داده ها به تفصیل در مقاله استنبرگ و همکاران (2015b) توضیح داده شده اند. در این تحقیق، دوباره داده های میخ سنج استنبرگ و همکاران (2015b) را جهت تهیه و تولید آستانه های تغییرات معنادار آماری را با استفاده از روش تست t- با 68٪ سطح اطمینان توضیح داده شده در بخش قبلی تحلیل کردیم.

ما نیز با استفاده از داده های TLS مسافت مطلوب و مناسب بین برش های مقطعی اندازه گیری شده به وسیله میخ سنج را آزمایش کردیم. داده های آبگیر B در جون 2013 به علت بخش های بسیار فرسایش یافته تر و تغییرات توپوگرافی بیشتری از آبگیر A انتخاب شدند. نقاط برش مقطعی داده های TLS در فواصل 0.05 متر، 0.08، 0.20، 0.50 و 1 متر انتخاب شدند و میانگین برش های مقعی محاسبه و مقایسه شدند.

## زبری تصادفی

زبری تصادفی طبق نظریه هریتیج و میلان (2009) که روش متناوب تشخیص زبری متناوب را جایگزین بی روند سازی مرسوم داده ها کردند، محاسبه شد. زبری تصادفی سطوح مقطع های آبگیر با 0.02 متر تفکیک با استفاده از پنجره متحرک 0.1 متر براساس داده های TLS محاسبه شد. نقاط به منظور محاسبه سختی محلی و تصادفی موقعیت واحد از داده های پنجره  $0.1m \times 0.1m$  انتخاب شدند. در صورت حداقل یافتن سه نقطه، رگرسیون کمترین مربعات جهت تشخیص و شناسایی سطحی استفاده شدند که متناسب بهتری با نقاط انتخاب شده داشت (استفاده از تابع مناسبت نرمال Matlab توسط دان کوتیور) و مسافت ( $d_i$ ) هر یک از نقاط از صفحه محاسبه شد. دوباره داده های میخ سنج استنبرگ و همکاران (2015b) را جهت تهیه برآوردهای دیگر زبری تحلیل کردیم. یک خط به نقاط میخ سنج باروش حداقل مربعات و با تفکیک 0.02 متر در هر برش مقطعی و با استفاده از خطی با طول 0.1 متر به میخ سنج متصل شد. زبری تصادفی ( $\sigma, m$ ) به صورت انحراف استاندارد بیان می شود و با عبارت زیر بدست می آید

(2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i)^2}$$

که  $N$  عدد  $d_i$  است. سپس، میانگین مقدار  $\sigma$  بر طول آبگیر جهت ارزیابی میانگین زبری بخش های مختلف مقطع آبگیر محاسبه شد. ما زبری دو آبگیر محاسبه شده از TLS و میخ سنج به محض پاکسازی آبگیر (اکثر 2011) و یا 20 ماه بعد (سپتامبر 2012 یا جون 2013) محاسبه کردیم. علاوه بر تغییرات زبری برش مقطعی، تغییرات فضایی زبری استنتاج شده از TLS نیز بررسی شد.

## نتایج و استدلال

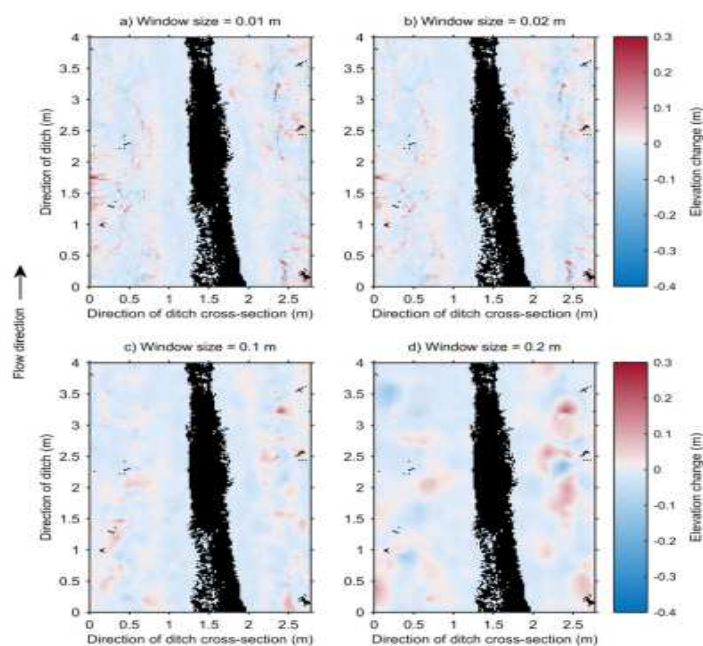
### تغییرات فضایی فرسایش و رسوبات

تصاویر تفکیک بالا (شکل 5a,b) آبگیر A تغییرات فراوان ارتفاع کوچک مقاس مناطق طویل فرسایش (کاهش ارتفاع سطح) یا رسوب (افزایش ارتفاع سطح) را نشان می دهد. افزایش اندازه پنجره از 0.01 متر تا 0.10 متر و 0.20 متر (شکل 5c,d) نواحی پیوسته بزرگتر فرسایش و رسوب را نشان داد. داده های ارتباط توزیع فضایی اختلافات ارتفاع محاسبه شده از TLS با داده های مرجع میخ سنج آبگیر B بیشتر از آبگیر A استنبرگ و همکاران (2015b) داشت. منطقه مهم فرسایش در داده های میخ سنج و TSL (مناطق آبی تیره در نیمه پایینی شکل های 6b,d). داده های میخ سنج استنبرگ و همکاران (2015b) رسوب را در بستر آبگیر B (شکل 6d) نشان داد و داده های TLS این تحقیق با مشاهدات و بررسی های (شکل 6b) همسویی داشت. داده های میله یا میخ سنج آبگیر A وجود رسوب را روی لبه های بستر آبگیر نشان می داد (شکل 6c)، در حالی که TLS افزایش ارتفاع در بسیاری از بخش های کناره هر دو آبگیر نشان می داد (شکل 6a). همچنین نواحی از افزایش ارتفاع در کناره راست آبگیر B مشاهده می شد که در داده های TSL قابل مشاهده بود (شکل 6b) اما در داده های میخ سنج مشاهده نمی شد (شکل 6d). در این مقایسه ها، اندازه پنجره مورد استفاده در داده های TLS حدود 0.10 متر بود که قابل مقایسه با تفکیک داده های میخ سنج تصور می شد.

میانگین تغییرات ارتفاع عمودی (و انحراف استاندارد آنها) محاسبه شده از داده های TLS به شرح زیر بودند:  $+0.008m(0.021m)$  و  $+0.001m(0.012m)$  در سمت راست و چپ آبگیر A (شکل 6A). اندازه های دو طرف آبگیر B (شکل 6b) به ترتیب  $+0.001m(0.045m)$  و  $-0.027m(0.056m)$  بود. توکانان و همکاران (منتشر نشده) پروسه های فرسایش را در کنارهای آبگیر با استفاده از اختلافات ارتفاع اندازه گیری شده به وسیله میخ های فرسایش بررسی کردند. آنها آبگیرهای مشابه مجاور سایت های اندازه گیری TLS اندازه گیری

کردند. آنها دریافتند که دامنه میانگین فرسایش کناره و ساحل راست و چپ آبگیر A در یک دوره 20 ماهه (اکتبر 2011 تا جون 2013) به ترتیب  $-0.046\text{m}$  و  $0.025$  بود. انحراف استاندارد داده های میله فرسایش آبگیرهای A و B به ترتیب  $0.007-0.048$  و  $0.008-0.036$  بود. فرسایش مبتنی بر TSL و انحراف استاندارد آن آبگیر B در این تحقیق بالاتر از A بوکه با اندازه های میله - فرسایش توکانان و همکاران (داده های منتشر نشده) مغایرت داشت. اختلاف نتایج احتمالاً ناشی از تغییرات بالا فضایی فرسایش در شبکه آبگیر است.

در حالی که اثرات زهکشی و گودال برداری جنگل و برداشت محصول با حمل رسوبات و فرسایش از آب گیر های جنگلی تایید می شود و شناخته شده است، اما تغییر پذیری فضایی فرسایش در آبگیرهای جنگلی توجه اندکی را به خود جذب کرده است. اسکات (2005) در انگلستان، اثر برداشت جوب و افزایش روان آب سطحی را بر فرسایش ساحل آبگیر جنگل بررسی کرد. اندازه گیری های پین و میله فرسایش اسکات (2005) نشان داد که میانگین نسبت فرسایش در مناطق کنترل (برداشت و درو نشده) از  $0.006$  به  $0.019\text{m a}^{-1}$  بود و نسبت های فرسایش در مناطق برداشت شده در طی دو سال برداشت به  $-0.035\text{m a}^{-1}$  افزایش یافت. میانگین اختلاف ارتفاع آبگیر B در این تحقیق با روش TLS (بسته به اندازه پنجره) بین  $-0.007$  تا  $-0.012\text{m a}^{-1}$  بود که مطابق با نسبت منطقه برداشت نشده ای بود که توسط اسکات (2005) گزارش شد. نواحی پایین تر در Koivuuro با شدت کمتر رسوبات و این حقیقت توضیح داده می شود که فرسایش ناشی از پاکسازی آبگیر بدون انجام فعالیت های مهم برداشت است.



شکل 5: تجسم فضایی فرسایش (رنگ آبی) و رسوب (رنگ قرمز) آبگیر تورب و پوده زار (A در شکل 1) محاسبه شده با روش TIN/NN و با استفاده از اندازه های مختلف پنجره بین سالهای اکتبر 2011 و جون 2013: 0.01m(a), 0.02m(b), 0.1m(c), 0.2m(d). رنگ سیاه نواحی فاقد داده های TSL را نشان می دهد.

### برآورد فرسایش و رسوب خالص از توپوگرافی سطح

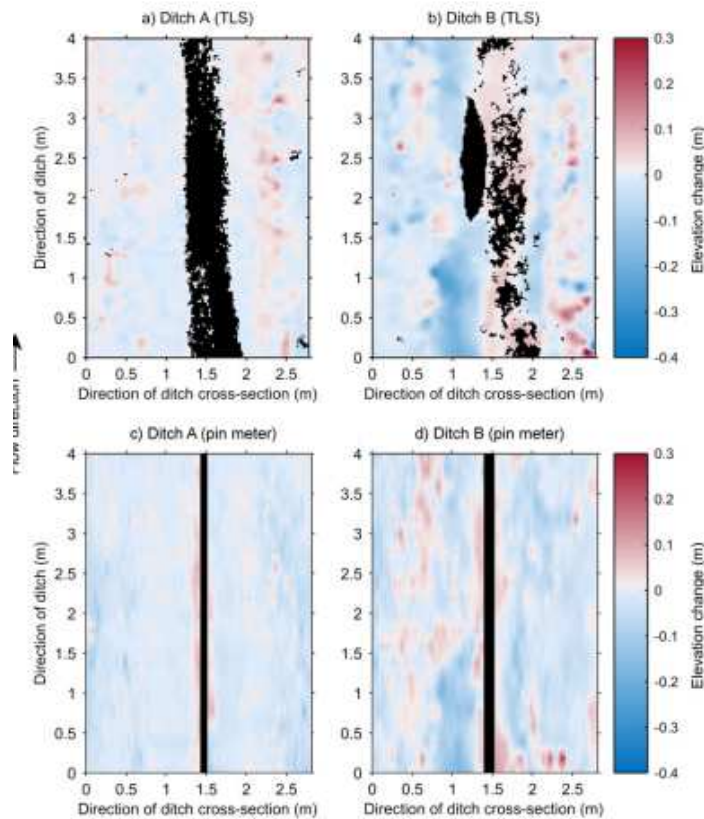
حجم فرسایش محاسبه شده از داده های TSL صرف نظر از اندازه پنجره تغییرات کمتری را از حجم رسوب نشان داد (شکل 7). انحراف استاندارد حجم رسوبات بین اندازه پنجره مطالعه شده آبگیرهای A و B به ترتیب عبارت بودند از:  $2.5\text{dm}^3\text{m}^{-1}$  و  $2.3\text{dm}^3$ ، در حالی که انحراف استاندارد حجم رسوبات آبگیرهای A و B به ترتیب  $3.2\text{dm}^3\text{m}^{-1}$  و  $7.1\text{dm}^3\text{m}^{-1}$  بودند. این تغییرات در تغییرات خالص حجم منعکس شدند. اثر اندازه پنجره بر تغییرات حجمی سیستماتیک نبود، و به طور اخص افزایش اندازه پنجره به ترتیب برآورد رسوب خالص آبگیر A و B را افزایش و کاهش می داد.

نتایج TSL رسوب و فرسایش استنتاج شده به وسیله اندازه های مختلف پنجره نیز با نتایج داده های میخ سنجی استرنبرگ و همکاران (2015b) مقایسه شدند. حجم های فرسایش و رسوب آبگیر A در هر دو روش صرفنظر از اندازه پنجره ک به جزء حجم رسوب با استفاده از اندازه پنجره 0.2 متر (شکل 7) به طور تقریباً سیستماتیکی بیشتر از آبگیر A بود. تمام مقادیر رسوب مبتنی بر داده های TLS آبگیر A بیشتر از مقادیر استنتاج شده از داده های میخ سنجی (شکل 7a) بود. در آبگیر B رسوبات اندازه گیری شده به وسیله استنبرگ و همکاران (2015b) با میخ سنج در دامنه های استنتاج شده از داده های TLS بود و اندازه پنجره 0.02 نزدیکترین برآوردها را می داد (شکل 7b). البته، در هر دو آبگیر، فرسایش برآورد شده به وسیله روش TLS کمتر از مقادیر اندازه گیری شده به وسیله میخ سنج بود و مقدار فرسایش آبگیر A بیشتر بود. وینسی و همکاران (2015) به روش برآورد بی از حد روشهای دستی توجه داشتند به طور ی که حجم های بستر رود را با روش میخ سنج و TLS اندازه گیر کردند. مسیر تغییر خالص آبگیر A که اندازه گیری میخ سنج فرسایش خالص و اندازه گیری میخ سنج TLS رسوب خالص را نشان می دادند، نیز متغیر بود. البته تغییر خالص در آبگیر B در هر دو روش اندازه گیری به نفع فرسایش بود (شکل 7b). شایان ذکر است که مناطق فاقد داده در بستر آبگیر A (شکل 6a) نتایج را پنهان میکند. اگر منطقه بستر با داده های TLS پوشانده شود، آنگاه اختلاف بین رسوب اندازه

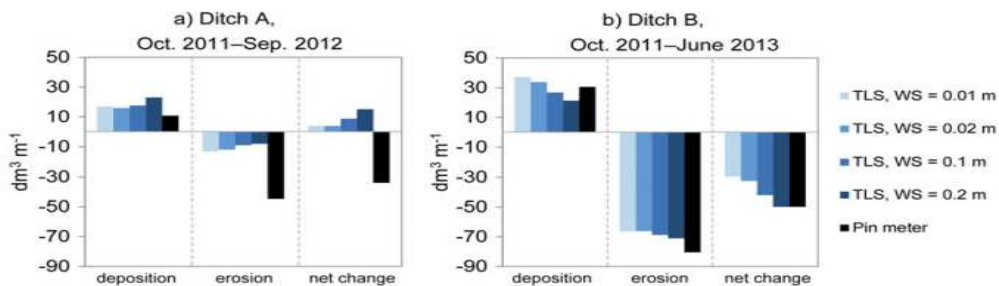
گیری شده با روش TLS و میخ سنج افزایش می یابد در حالی که تفاوت بین مقادیر فرسایش کاهش خواهد یافت. همین مسئله نیز در مورد آبگیر B صدق می کند، زیرا اثر فرسایش بر آبگیر به علت کوچکی منطقه فاقد داده های کوچکتر است (شکل 6b). همانطور که استرنبرگ و همکاران (2015b) یاد آور شدند، تبدیل برآوردهای حجمی به جرمی تفاوت بین آبگیرهای A و B را به علت اختلاف بین مجموعه چگالی تورب و خاک مانی و نیز شدت بشتر فرسایش در بخش خاک کانی کرانه آبگیر (شکل های 6b,d) بارزتر خواهد بود.

آستانه های آشکار سازی تغییر طبق داده های TLS محاسبه شده با آزمون  $t^-$  و با استفاده از حد اطمینان 68٪ در داده های آبگیر A (اکتبر 2011 و سپتامبر 2012) 0.10m و آبگیر B (داده های ماه های اکتبر 2011 و جون 2013) 0.12-0.13 بود. آستانه ها بالا بودند، اما تغییر اندکی بین اندازه های پنجره داشتند. آستانه داده های میخ سنج آبگیر A و B به ترتیب 0.08 متر و 0.09-0.11 بود. دامنه های معنادار آماری فرسایش و رسوب تقریباً در آبگیر A (شکل 8a) ناچیز بود. البته، در آبگیر B، فرسایش معناداری صرفنظر از روش یا اندازه پنجره مورد استفاده وجود داشت. شکل 8 نیز نشان میدهد که اهمیت آماری فرسایش بین روش های درون یابی (TINN/Nn یا کرینگینگ) تفاوت کمتری از بین روش های اندازه گیری (میخ سنج یا TLS) داشت.

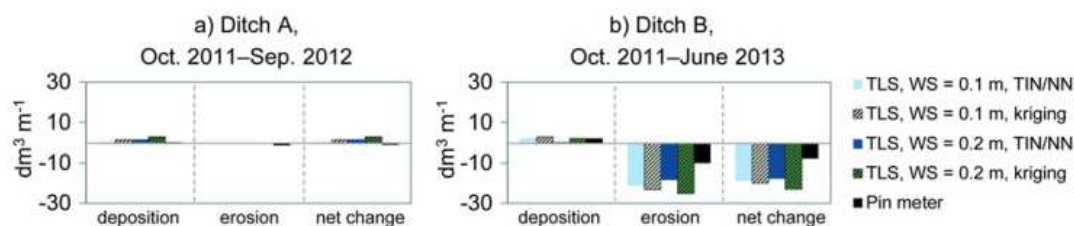
در آبگیر B (شکل 7b)، تغییر خالص بدست آمده از روش TLS در طی 611 روز عبارت بود از  $-0.05 \dots -0.04 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ، در حالی که اهمیت آماری تغییر خالص (شکل 8b) بین  $-0.03$  و  $-0.04 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-1} \text{ d}^{-1}$  بود. این نتیجه مشابه نتایج تحقیق کوتاه مدت انجام شده در کارکیلا، فنلاند جنوبی بود که براساس یافته های این تحقیق، تغییر خالص آبیگر داری لایه نازک تورب  $-0.05 \text{ dm}^2 \text{ m}^{-1} \text{ d}^{-1}$  بود. تغییرات خالص آبگیر A (شکل 7a) بدست آمده با روش TSL به نفع رسوب  $+0.01 \dots +0.02 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-1} \text{ d}^{-1}$  بود، اما اهمیت آماری تغییر خالص (شکل 8a) ناچیز بود. این نتایج با ارایه ادله های در مورد سرچشمه نشان می دهد که آبگیر های جنگل به سمت خاک کانی گسترش می یابند، رس یخچالی و خاک رس آهکی شن دار در منطقه کارکیلا، نواحی اولیه خطر فرسایش را در آبگیرهای زهکشی جنگل ایجاد میکند. خطر فرسایش در تورب نسبتاً تجزیه شده مثل منطقه Koivupuro پایین است زیرا اکثر قسمت تجزیه شده تورب ابتدا ساییده و فرسوده میشود پوشش محافظ زبر و خشن الیاف کم تجزیه شده تورب را با خطر کم تر فرسایش پشت سر می گذارند.



شکل 6: فرسایش (رنگ آبی) و رسوب (رنگ قرمز) آبگیر A دارای لایه ضخیم تورب محاسبه شده از داده های TLS (با روش TIN/NN) دارای اندازه 0.1m (a-b) و داده های درون یابی شده میله سنج (c-d) بین اکتبر 2011 و سپتامبر 2012 و داده های آبگیر B دارای لایه نازک تورب بین سالهای اکتبر 2011 و جون 2013. رنگ سیاه نواحی فاقد داده ها را مشخص می کند.

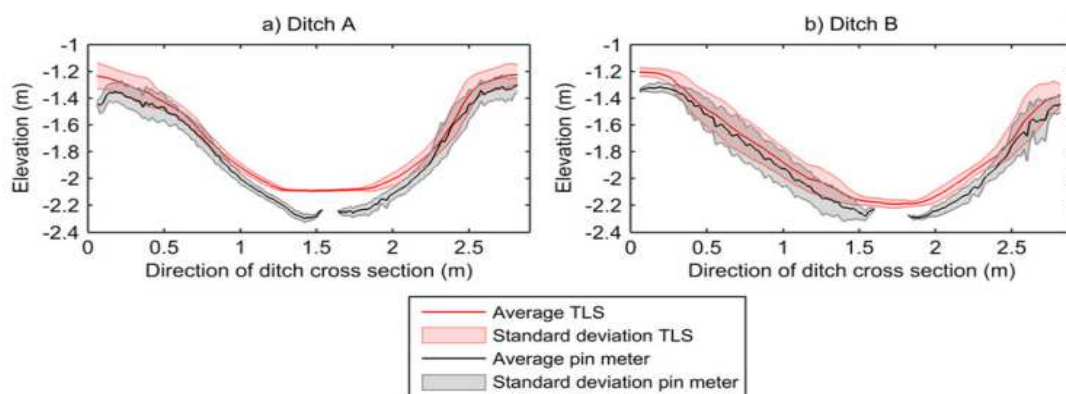


شکل 7: افزایش حجم خالص (رسوب) و کاهش حجم خالص (فرسایش) آبگیر A دارای لایه ضخیم تورب و آبگیر (a) و آبگیر B دارای لایه نازک تورب (b) محاسبه شده از اسکن لیزر زمینی (TLS) با اندازه های متغیر پنجره (WS) با روش TIN/NN و از داده های میخ سنج



شکل 8: اهمیت آماری (در سطح اطمینان 68٪) افزایش خالص (رسوب) و کاهش (فرسایش) حجم های آبگیر A دارای لایه نازک تورب و آبگیر B دارای لایه ضخیم تورب بدست آمده از داده های اسکن لیزر زمینی (TLS) و با استفاده از اندازه های پنجره (WS) 0.1 و 0.2 متر (با روشهای کریگینگ و TIN/NN) و از داده

#### های میخ سنج



شکل 9: میانگین سطح مقطع ( $\pm$  انحراف استاندارد) محاسبه شده آبگیر A (a) و آبگیر B (b) از داده های میخ سنج و کمترین نقاط ارتفاع انتخاب شده برای داده های شبکه  $0.02m \times 0.02m$  و از داده های TLS در

اکتبر 2011

#### تعیین سطح مقطع آبگیر از داده های TLS و میل سنج

داده های TLS این تحقیق و داده های میخ سنج استرن برگ و همکاران (2015b) جهت استنتاج میانگین سطح مقطع و تغییر پذیری آن در مقطع طولی اندازه گیری شده آبگیر (شکل 9) پردازش می شود. هم طرز سازی میانگین سطوح مقطع استنتاج شده از داده های TLS و میله سنج در سیستم مشابه مختصات نشان داد که برآورد سطح مقطع مبتنی بر TLS بالاتر از میله سنج بود (شکل 9). در آبگیر A، انحراف استاندارد داده های TLS بستر آبگیر بسیار کوچک بود، و علاوه، داده های TLS تقریباً خط افقی را تشکیل دادند (شکل 9a). بنابراین در آبگیر A، داده های TLS سطح آب را در آبگیر نشان می داد در حالی که داده های میخ سنج



استرن برگ و همکاران (2015b) بستر آبیگر را نشان میداند. معهداً، فقط چند نقطه داده ای TLS از منطقه بستر آبیگر A (شکل 6a) وجود داشت. نقاط اندک داده های TLS ثبت شده از منطقه بستر آبیگر از نوع برگ های سوزنی و آویزان (سقوط کرده) هستند که روی سطح آب شناور می شود یا رسوبات محلی موجود در بستر آبیگر هستند که به بالا سطح آب می چسبند (شکل 2a,b). انحراف استاندارد داده های TLS آبیگر B در بستر آبیگر بزرگتر بودند (شکل b) و مناطق فاقد داده ای کمتری در بستر آبیگر وجود داشت (شکل 9b). در آبیگر B، مقطع بستر آبیگر احتمالاً سطح آب را مانند آبیگر A نشان نمی داد، اما در عوض لیزر در آب صاف نفوذ میکرد و از بستر واقعی آبیگر به عقب منعکس می شد. انحراف استاندارد بزرگتر بستر آبیگر B نیز با شیب بستر آبیگری توضیح داده می شود که در آبیگر B هموارتر از A است. TLS داده های زیر سطح آبیگر A را به علت اثر اتصال آب کدر و تورب کدر در بستر آبیگر ثبت نکرد. شایان ذکر است که حتی گرچه TLS قادر به اندازه گیری زیر آب سطحی آبیگر B بود، اما اندازه گیری ها به علت عدم اطلاق انعکاس نور در سطح آب مطمئن نبودند. جریان آب در آبیگر B (شکل 2c-d) کدر بود که این کدری میزان عدم اطمینان را افزایش می دهد. زمانی میخ سنج در تحقیق استرنبرگ و همکاران (2015b) قادر به دستیابی به قرائت های معتبر آب زیر زمینی بود که مصالح بستر هموار بودند (مثل ریزه سنگها). البته با وجود بستر نرم و سست تورب مثل در آبیگر A تعیین مکان واقعی بستر آبیگر ساده نبود زیرا میخ های موجود در میخ سنج به آسانی و به طور عمیق وارد تورب سست می شدند.

اختلافات میانگین سطوح مقطع استنتاج شده از برآوردهای جدید TLS و از برآوردهای میخ سنج استرنبرگ و همکاران (2015b) ثابت کرد که داده های TLS ارتفاع بیشتری را از داده های میخ سنج نشان می دهند (شکل 9). از آنجایی که ارتفاع حتی در قسمت های خشک و لم یزرع سواحل بالاتر بودند، اما وجود عدم اطمینان های در هم تراز دو اندازه گیری در سیستم مشابه مختصات بدیهی به نظر می رسید. به علت این نااطمینانی ها، مقایسه اختلافات ارتفاعات مطلق بین روشها اندازه گیری مثلاً در سیستم مشابه مختصات توصیه نمی شود. بنابراین مقایسه ارتفاعات دقیق در یک روش به جای بین روشها بهتر است. شکل 9 می واند برای تفسیر مسائل مهم بررسی کننده اختلافات سطوح مقطع استنتاج شده از میخ سنج و TLS استفاده یم شود.

شکل سطوح مقطع به ویژه در قسمت های پایینی و میانی، قسمت های خشک سواحل آبگیر صرف نظر از روش مورد استفاده در هر دو آبگیر (شکل 9) مشابه است.

در قسمت فوقانی وساحل، داده های TLS ارتفاع بالاتر را از داده های میخ سنج نشان داد (شکل 9). این اختلافات قادر به آشکار سازی اختلافات مهم بین روشهای مربوط به اندازه گیری سطح خاک در نواحی دارای گوشش گیاهی و لاشبرگ های چوبی نشان داده شده در شکل 2 است. میخ سنج استرنبرگ و همکاران (2015B) قادر به اندازه گیری سطح زمین زیر گیاهانی بود که نه زیاد ضخیم یا سفت بودند. البته زمانی مشکلات ایجاد می شود که چوب ها ضخیم بوده و مانع شود که میخ سطح خاک را لمس کند. معهدا، TLS اگر چه سطح گیاهان زیاد ضخیم یا متراکم نبودند اندازه گیری کرد. انتخاب پایین ترین نقطه TLS در اندازه پنجره منتخب (0.02 متر) تضمین نمی کرد که نقطه سطح زمین را نشان میدهد. ما با استفاده از اندازه بزرگتر پنجره میتوانیم احتمال یافتن نقطه زمین را افزایش دهیم، اما در این مورد، پنجره 0.02 متری به علت مقایسه پذیری با تفکیک میخ سنج در مسیر سطح مقطع آبگیر انتخاب شد.

هدف تحلیل سطوح مقطع نمایش مکان های وقوع فرسایش و رسوب در آبگیر بود زیرا پروسه های فرسایش غالباً با سطوح مقطع در نظر گرفته می شوند. مارتیلا و کلاو (2010b) مفهوم پروسه های فرسایش آبگیر جنگل خزه را ارایه داد که دارای اجزاء مشابه با فرسایش آبگیر B بود: به طور خص توسعه بستر آبگیر میتواند از سطوح مقطع بدست آمده از روش TLS (شکل 10b) مشاهده شود. انباشتگی و تجزیه بستر آبگیر، تثبیت و مرمت سازی مصالح بستر، و مصالح اسلامپ (سنگ) از قسمت های فوقانی ساحل نیز موجود بود (شکل 2c-d). تغییرات میانگین سطوح مقطع (شکل 10b) مشابه مفهوم استرنبرگ و همکاران (2015a) بود که بیان میکرد فرسایش ساحل آبگیر در ناحیه سطح چشمه رخ میدهد و خاک فرسایش شده در سطح پایین تر ساحل آبگیر و بستر آبگیر رسوب می شود. البته، در مورد آبگیر B در Koivupuro، بررسی های بصری سختی بستر (شکل 2c-d) حجم های نسبتاً بالا جریان و سرعت های جریان آب آبگیر B نشان می دهد که فرسایش در کرانه های پایین تر آبگیر به آب در حال جریان بیشتر از چشمه جانبی ارتباط داشت.

استرنبرگ و همکاران (2015b) میانگین سطح مقطع آبگیرهای A را از 21 سطح مقع اندازه گیری شده با میخ سنج در مسافت 0.2 متری بین سطوح مقطع برآورد کرد.

از داده های آبگیر B جهت ارزیابی و بررسی اثرات فاصله سطح مقطع بر میانگین سطح مقطع استفاده کردیم . انتخاب سطوح مقطع آبگیر از داده های TLS با افزایش فاصله آشکار کرد که میانگین سطح مقطع در زمان تغییر مسافت از 0.05 تا 0.08 و 0.2 متر عملاً ثابت باقی ماند. اختلافات ناچیز میانگین سطح مقطع فقط در مسافت های 0.5 و 1 متر مشاهده شد. بنابراین، داده های TLS تایید میکند که میانگین سطح مقطع اسنتتاج شده و بدست آمده زا اندازه گیری های میخ سنج استرنبرگ و همکاران (2015b) با مسافت 0.2m برآورد خوبی از میانگین سطح مقطع را ارایه می دهد. البته، شایان ذکر است که این نتیجه فقط در مورد میانگین سطوح مقطع دارای آبگیر جنگل خزه ای با طول 4 متر اجرا می شود، و الزاماً در مورد مقطع های کوتاه تر قابل استفاده نیست. اگر چه آبگیر به شیوه مکانیکی پاکسازی شدند اما نانظمی های وسیله سنگ ها و در اثر ریشه های درختان بر میانگین سطح مقطع در فاصله های کوتاه ایجاد شد.

### تغییرات زبری تصادفی

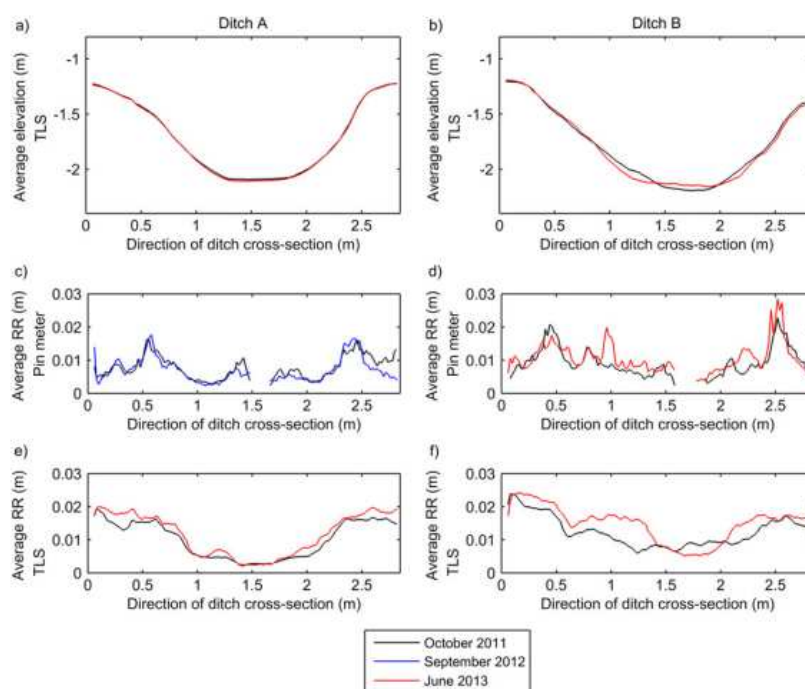
زبری تصادفی اندازه گیری شده با میخ سنج و TLS در آبگیر B (تورب نازک) بیشتر از آبگیر A (تورب ضخیم بود (شکل 10c-f و جدول 1). سختی محاسبه شده از داده های میخ سنج اصولاً به جزء مقادیر بالا ساحل بالا سمت راست آگیر B (شکل 10d) که نتیجه سوراخ های عمیق بود کمتر از سختی بدست آمده با روش TLS بود. عمق کامل سوراخ ها به علت وجود سوراخ های باریک و زاویه نور لیزر به وسیله RTLS ثبت نشد. سختی اندازه گیری شده به وسیله TLS معمولاً در سواحل آبیگر بیشتر از بستر دو آبگیر بود (شکل 10e-f). البته این روند در سختی هیا بدست آمده از میخ سنج که بسیار تصادفی بودند مشاهده نشد. این می تواند با روش محاسبه و تکفیک پایین داده های میخ سنج نسبت به داده های TLD ایجاد شود. مسائل مربوط به اندازه گیری های مصالح بستر نرم با میخ سنج مثل تورب اشباع شده منجر به برآورد بیش از حد سختی در آبگیر A (شکل 10c) می شود.

تغییرات موقتی سختی در آبگیر B همراستا با تغییرات میانگین سطح مقطع بود: زبری در زمن افزایش فرسایش و کاهش زبری و نیز در زمان وقوع رسوب (شکل های 10b, 10f) رخ دادند. سختی بدست آمده از روش TLS در سواحل هر دو آبگیر افزایش یافت ف، البته این افزایش در آبیگر B بیشتر بود (شکل 10f, 11b) ، اما تغییرات قابل ملاحظه ای در آبگیر A (شکل های 10e, 11a) مشاهده نشد. علاوه بر بستر آبگیر B، کاهش سختی در

مکان های خاص سواحل هر دو آبگیر (شکل 11) مشاهده شد. بررسی فضایی نیز نشان داد که این روال اصولاً به طرف افزایش سختی در هر دو آبگیر است (شکل 11). ثابت شد که سختی با روش TLS در آبگیر A 12 درصد و 19 درصد در آبگیر B افزایش داشته است (جدول 1) میانگین تغییرات سختی بدست آمده از روش میخ سنج به ترتیب در آبگیرهای A و B 9- درصد و 15 درصد بود (جدول 1). البته شایان ذکر است که تغییرات سختی آبگیر A بدست آمده از روش میخ سنجی در مدت کوتاه تری از آبگیر B به وقوع می پیوندد.

زبری محاسبه شده از داده های میخ سنجی وجود روال مشابه را در زبری مبتنی بر TSL در آبگیر B نشان داد : هر چند زبری افزایش یافت، اما آن به وضوح داده های TSL نبود (شکل 10d,f). تغییرات زیادی در آبگیر A به جزء کاهش سختی در قسمت فوقانی ساحل سمت راست آبگیر مشاهده نشد. اندازه های کافی میخ سنجی جهت محاسبه زبری اواسط بستر آبگیر وجود نداشت.

TLS در تحقیقات گذشته جهت محاسبه برآورد زبری سطح با استفاده از اندازه های مختلف پنجره متحرک اجرا شد. بسیاری از این تحقیقات توجه به نواحی خارج از جریان داشته اند، در حالی که تحقیقات دیگر نتایج قسمت های مغروق بسترهای جریان یا میله های نقطه ای را در طی شرایط کم جریان گزارش کردند. زبری مقیاس وابسته است و با افزایش اندازه پنجره افزایش می یابد و با اندازه پنجره های بین چند متر تا یک متر تعیین شده است.



شکل 10: میانگین سطوح مقطع تعریف شده بوسیله (a-b)TLS و تغییر میانگین سختی تصادفی (RR) محاسبه شده آبگیر A دارای لایه ضخیم تورب و آبگیر B دارای لایه ضخیم تورب با استفاده از روش میخ سنج (c-d) و داده های (e-d)TLS

جدول 1: میانگین زبری نواحی اندازه گیری شده آبگیرهای A و B در زمان مختلف و محاسبه شده با روشهای داده های TLS و میخ سنجی با اندازه پنجره 0.1 متر

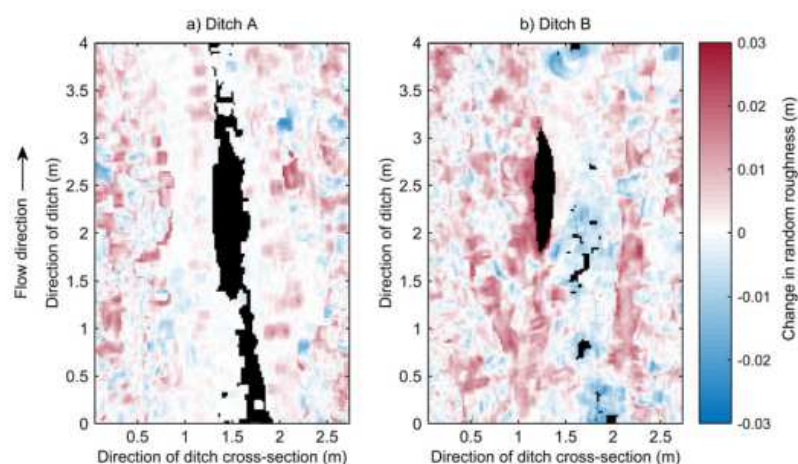
میانگین زبری (M) میخ سنج			میانگین زبری TLS (m)		
اکتبر 2011	سپتامبر 2012	جون 2013	اکتبر 2011	جون 2013	
0.0078	0.0071	-	0.0105	0.0118	آبگیر A
0.0097	-	0.0112	0.0125	0.0149	آبگیر B

هرتج و میلان (2009) به علت وابستگی اندازه بهینه پنجره به زمین پیشنهاد کردند که پنجره متحرک اندازه بزرگترین جزء سنگ آوری مرئی باشد. در این تحقیق، اندازه 0.1 متر برای آبگیرهای Koivupro مناسب تصور شد زیرا این اندازه در دامنه تحقیقات قبلی بود و می توانست اکثر اجزاء کوچک و تغییرات را ضبط کند و اما متاثر از شیب ساحل آبگیر نبود. اندازه 0.1 متر پنجره کوچکترین اندازه ای بود که از محاسبات زبری در برابر داده های میخ سنجی محافظت می کرد.

پاکسازی آبگیر Koivupro در ماه اوت 2011 انجام شد و اولین برآوردهای زبری در ماه اکتبر 2011 ارائه شد. برآوردهای نهایی داده های جون 2013 و در فواصل زمانی 20 ماه بین تخمین ها انجام شد. تغییرات زبری در طی این زمان به دو عامل زیر نسبت داده می شود: فرسایش و رشد گیاهان. زبری در سواحل آبگیر می تواند ناشی از افزایش اثر شرایط متغیر جریان در آبگیرها بین زمان های اندازه گیری باشد. هالتی و همکاران (2014) از روش مدل برداری استفاده کردند و ثابت کردند که تغییرات زیادی در جریان آبرو کوچک تو در تور یعنی در جایی که آبگیر A واقع شده است وجود دارد. فرسایش در طی جریان های بالا و به ویژه در زمان ذوب برق در فصل بهار رخ می دهد، در حالی که رسوبات در زمان های کوتاه جریان میتواند شیوع یابند و نیز پروسه های

زبری را پویا سازند. در این تحقیق، اندازه های TLS نشان میدهد که زبری با افزایش فرسایش (شکل 10f) افزایش می یابد. البته، ه رچند فرسایش اندکی در آبگیر A (شکل 6 و 7) وجود داشت، اما هنوز سختی طبق اندازه های TLS (شکل 10e) که به اثرات گیاهانبر زبری اشاره دارد، افزایش واضحی دارد. افزایش سختی جریان آب را کند می کند، و نیروهای فرسایشی را نیز کاهش میدهد. افزایش پوشش گیاهی به کاهش سرعت فرسایش ساحل آبگیر نسبت داده می شود.

اندازه های زبری سطوح مقطع و سطح پارامترهای مرود نیاز مدل های هیدرولیکی هستند. با توسعه بستر آبگیر (شکل 10b)، جریان به ناحیه وسیع تری گسترش می یابد و عمق جریان کاهش می یابد. در صورت افزایش زبری (شکل 10، جدول 1) سرعت جریان کند تر می شود. البته، تخمین زبری و سختی سطح مبتنی بر TLS پارامتری نیست که بتواند در مدل های هیدرولیکی استفاده شود. زمانی که برآورد ابعاد کانال و مجرا با داده های جریان سطوح آب، زهکشی، شیب آب سطحی ترکیب شوند، نگاه پارامترهای زبری مدل های هیدرولیکی میتواند با کالبد بندی و درجه بندی در برابر داده ها مشخص شوند. مقایسه مقادیر درجه بندی شده در برابر برآوردهای زبری و سختی مبتنی بر TSL رابطه بین سختی اندازه گیری شده و پارامتر سازی مدل هیدرولیکی را نشان میدهد. هاتی و همکاران (2004) کاربرد مدل هیدرولیکی را در آبگیر Koivupro ارایه داد و بیان کرد که توصیف زبری در مدل جریان های پایین با بستر ناهموار آبگیر که منجر به آبکندی جریان در مسیره های مجزا جریان میشود، بغرنج می شود. همانطور که مجراهای ترکیب علفی توضیح شده به وسیله جالونن و همکاران (2014) نشان داد، ترکیب داده های TLS با مدل های هیدرولیکی روشی را به سوی اصلاح توصیف مقاومت جریان در مدل های هیدرولیکی ارایه می دهد.



شکل 11: توزیع فضایی تغییرات زبری تصادفی آبرو A دارای لایه ضخیم تورب (a) و آبرو B دارای لایه نازک

تورب (b) از اکتبر 2011 تا جون 2013

### ارزیابی کاربردها پذیری مدلها

در این تحقیق، توجه به پروسه های کوچک مقیاس فرسایش و رسوب و نیز برآوردهای زبری مقطع های دارای طول 4 آبرو ها را داریم. ابعاد مختلف ظرفیت های روش های TLS و میخ سنجی در جدول 1 بررسی شدند. اثر نباتات بین نتایج و توانایی اندازه گیری مناطق مغروق مشخص ترین تفاوت های بین دو روش بودند. میخ سنج مستقیم سطح خاک زیر گیاهان را اندازه گیری میکند، در حالی که TLS نیازمند پس پردازش داده ها جهت دستیابی به خاک سطحی است. آب سطحی اندازه های را به تعویق می انداخت و TLS تا حدودی قادر به اندازه گیری زیر آب بود. شایان ذکر است، که در Hoivupuro آب عمق در آبرو های A و B در زمان اندازه گیری 0.1 متر بود. ستون آب سطحی شفاف امکان اندازه گیری های TLS را زیر سطح آب آبرو B فراهم می ساخت. اگر سطح آب و کدوری آب در آب رو B بالاتر باشد آنگاه اندازه گیری امکان پذیر نمی شود. توانایی پوشش سریع منطقه دارای تفکیک بالا بارزترین مشخصه TLS بود در حالی که اندازه گیری با میخ سنج مستلزم انجام عملیات فراوانی است. TLS امکان برآورد تغییرات فضایی زبری سطح و نیز بررسی فرسایش را در تفکیک کامل تر فضایی فراهم می سازد. نتایج میخ سنج برآورد دقیقی از میانگین سطح مقطع را ارائه می دهد. در هر دو روش چالش های تشخیص تغییرات در نیمرخ نمک وجود داشت. برآورد آستانه تشخیص تغییرات مهم آماری آشکار کرد که توانایی و پتانسیل ژئومورفولوژیکی آشکار سازی تغییرات توپولوژیکی  $>0.1m$  را در جنگل های پر از خزه برآورد میکند.

همچنین روشهای دیگری وجود دارد که می تواند برای برآورد زبری و فرسایش کوچک مقیاس مثل تهیه نقشه های جغرافیایی به کمک عکس های هوایی نزدیک برد و تحلیل سایه ای زبری سطح را بررسی میکنند. یک روش اثر بخشی هزینه و لیزری جهت استفاده به جای TLS به وسیله لام و همکاران (2015) طراحی شده است و تهیه سازه از حرکت نقشه های جغرافیایی با کمک عکس های هوایی نظریه و دیدگاه های جدیدی را در مورد ضبط داده های بالا تفکیک توپوگرافی ارائه می دهد. البته این روشها به پوشش های فضایی محدود شده اند. اسکن کل شبکه آرو با TLS ممکن نیست، بلکه می تواند با اسکن لیز هوا برد (ALS) انجام شود که به

دقت ارتفاع 0.05-0.1 متر و دقت پهنه سنجی 0.2-0.8 می رسد. اگر چه امکان پوشش بهتر فضایی وجود دارد اما دقت ALS در وضعیت جاری خود، برای تشخیص میانگین تغییرات شبکه آبرو جنگل خزه کافی نیست. معهدنا، مینی UAV (خودرو هوایی بدون سرنشین) مبتنی بر اسکن لیزری در تولید مدل زمین دیجیتالی دارای دقت 0.03 متر است. آنها به علت شرایط مینی جنگل، احتمالاً گزینه احتمالی جهت پوشش کل شبکه آبرو با دقت تحمل پذیر هستند. البته، همانطور که نتایج این تحقیق نشان داده است، تغییرات توپوگرافی آبروهای خزه ای میتواند بسیار ناچیز باشند و آنها نیم تواندبا اندازه های مینی UAV- بدست آیند.

### نتیجه گیری

اندازه های میخ سنج و TLS جهت برآورد فرسایش، رسوب، و تغییرات زبری سطح آبروهای جنگل پوشیده از خر با ضخامت مختلف لایه تورب استفاده شدند. هر دو روش نشان دادند که فرسایش و افزایش زبری سطح در آبرو قارر گرفته در معرض خاک کانی بیشتر از آبرو تورب است. این بر اهمیت بررسی ضخامت لایه تورب پس از پاکسازی آبرو با هدف کمینه سازی بارهای رسوب به آب تاکید دارد. اختلافات برآورد رسوب / فرسایش خالص بین آبروهای متفاوت صرف نظر از اندازه پنجره مورد استفاده در برآورده های TLS مشخص بود. در آبرو، دارای لایه نازک تورب، کمیت های فرسایش محاسبه شده به وسیله دو روش بزرگتر بودند و همساز تر از آبرو تورب بود. زبری سطح روی سواح آبروی افزایش یافت و این افزایش به رشد گیاه و فرسایش نسبت داده شد.

تفکیک تشخیص و آشکار سازی تغییرات در TLS که از میخ سنج استفاده میکرد، بالاتر بود، اما تغییرات عمده در هر دو روش مشخص شدند. البته، آستانه تشخیص تغییرات مهم آماری از داده های TLS (بین 0.13- 0.10 متر در سطح اطمینان 68٪) و از داده های میه سنجی (0.08-0.11 متر در سطح اطمینان 68٪) بالا بود که برآورد معتبر تغییرات کوچک را مشکل می سازد و توانایی ژئو ریخت شناسی روشهای تلاشی سواحل آبرو و نقاط مهم رسوب / فرسایش را مشکل می سازد.

برآورد معتبر زبری نیازمند تکفیک بالا داده های ارتفاع است که در TLS موجود هستند، اما دستیابی به آنها با روش میخ سنج کاری سخت است. پردازش اندازه های میخ سنج با مختصات وقت گیر بود و احتمال خطا آن زیاد بود. اگر چه TLS نیز نیازمند پردازش داده است، اما این روش در تولید داده ها به علت بالا بود تفکیک و پوشش فضایی موثر تر عمل کرد. البته، سطوح مقطع میتواند با روشهای کم دقیق تر و با پوشش های کمتر



فضایی تعریف شوند. بنابراین مزایا TLS با برآوردهای زبری هویدا می شود که در آن به روش دقیق و پوشش بهتر فضایی نیاز می شود. بزرگترین مزیت میخ سنجی این بود که برآؤد معتبری از ارتفاع سطح خاک را در نواحی مغروق و علفی ارائه می داد. نتایج تحقیق نشان می دهند که TLD برای ارزیابی وسنجش فرسایش و زبری آبروهای جنگل خزه بسیار مناسب است، در حالی که میخ سنج قادر به تعیین سطوح مقطع مدل برداری هیدرولیکی و فرسایش با تفکیک پایین تر است.

## جدول 2: ارزیابی و بررسی رشوهیا TLS و میخ سنجی برای اهداف مختلف

			کاربرد پذیری
درست	خوب	فرسایش کوچک مقیاس آبرو	
ضعیف	درست	فرسایش بزرگ مقیاس آبرو	
درست	خوب	برآورد زبری	
خوب	درست	آشکار سازی سطح زمین	
خوب	درست <sup>a</sup>	اندازه گیری کامل آب	
خوب	خوب	آشکار سازی سطح مقطع	
			کاربرد
درست	درست	کاربرد شرایط میدانی	
ضعیف	درست	زمان بری عملیات میدانی	
ضعیف	درست	زمان بری پس پردازش داده ها	
			اثر گیاهان بر نتایج تحقیق
خوب	ضعیف	برگینه ها	
ضعیف	ضعیف	چوب و شاخه های افتاده	

<sup>A</sup> بسته به نوع لیزر



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی