فصلنامهٔ علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۳، شماره ۱، صفحه ۲۷-۱۵، (۱۳۹۶)

بررسی روند پوسیدگی تنه درختان ناشی از صدمات بهره‌برداری در یک دوره ۱۰ ساله در جنگل راش آمیخته (بررسی موردی: جنگل ناو اسالم گیلان)

فرزام توانکار*[۱] و مهرداد نیکوی[۲]

۱- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خلخال، خلخال، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۹

چکیده

صدمات واردآمده بر توده باقی‌مانده در طی عملیات بهره‌برداری و کاهش کمی و کیفی توده در سال‌های بعد از بهره‌برداری یکی از مشکلات مدیریت جنگل به روش ناهمسال است. در این تحقیق روند پوسیدگی تنه و خسارت اقتصادی ناشی از آن در اثر صدمات بهره‌برداری در یک دوره ۱۰ ساله در جنگل راش آمیخته در استان گیلان بررسی شد. حجم قسمت پوسیده تنه درختان از فرمول اسمالیان و حجم تنه درختان سرپا از جدول حجم محلی در قطعات نمونه ۱۰ آری با شبکه آماربرداری منظم تصادفی در ابتدا و انتهای دوره محاسبه شد. نتایج نشان داد حجم تنه پوسیده ۰/۴۸ مترمکعب در هکتار در ابتدای دوره به ۱/۷۱ مترمکعب در هکتار در انتهای دوره افزایش یافت ($P < ۰/۰۱$). نسبت حجم تنه پوسیده به حجم سرپا از ۰/۲۴ درصد در ابتدای دوره به ۰/۸۱ درصد در انتهای دوره افزایش یافت ($P < ۰/۰۱$). روند حجمی پوسیدگی تنه ۰/۱۲۳ مترمکعب در هکتار در سال و روند اقتصادی پوسیدگی تنه ۱/۲۵ میلیون ریال در هکتار در سال برآورد شد. حجم پوسیدگی تنه در تمام گونه‌های درختی در انتهای دوره بیشتر از ابتدای دوره بود ($P < ۰/۰۱$). با افزایش قطر برابرسینه درختان، روند حجمی پوسیدگی افزایش یافت. به‌منظور کاهش حجم پوسیدگی تنه درختان، صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل در طی عملیات بهره‌برداری باید کاهش یابد، که این امر مستلزم برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی دقیق و اصولی هر یک از مراحل بهره‌برداری، آموزش و بازآموزی کارکنان و ارزیابی مداوم صدمات بهره‌برداری است.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی تنه، توده ناهمسال، چوب‌کشی زمینی، زخم تنه، صدمات بهره‌برداری.

* نویسنده مسئول: Email: tavankar@aukh.ac.ir

مقدمه

در اوایل قرن بیستم میلادی با ورود ماشین‌آلات بهره‌برداری جنگل، مشکل صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل مطرح (Vasiliauskas, 2001) و برای اولین بار اهمیت زخم‌های ایجادشده بر تنه درختان سوزنی‌برگ و کاهش تولید جنگل بررسی و گزارش شد (Westweld, 1926). از آن زمان تاکنون پژوهش‌های گسترده‌ای به‌منظور ارزیابی شدت و وسعت صدمات واردآمده بر خاک و درختان باقی‌مانده در اثر بهره‌برداری با سامانه‌های مختلف و ارائه راه‌کارهای کاهش صدمات بهره‌برداری در جنگل‌های مختلف دنیا انجام‌گرفته و درحال انجام است. در ایران نیز اولین بار صدمات بهره‌برداری بر درختان در جنگل‌های ساری بررسی و گزارش شد که اغلب زخم‌های تنه درختان در اثر فعالیت ماشین چوب‌کشی و خروج چوب‌آلات از عرصه قطع ایجادشده و ۸۲/۵ درصد زخم‌ها در قسمت دو متر ابتدایی تنه درختان ایجاد شدند (Hosseini *et al*., 2001).

جنگل‌های شمال ایران به شیوهٔ جنگل‌شناسی تک-گزینی و با دوره بهره‌برداری ۱۰ ساله مدیریت می‌شوند. هدف از اجرای جنگل‌شناسی تک‌گزینی حفظ ساختار و آمیختگی گونه‌ها، تجدید حیات طبیعی و ایجاد توده‌های ناهمسال و همگام با طبیعت است. برای نیل به اهداف فوق درختان مورد قطع در سطح مدیریتی جنگل‌های تک‌گزینی پراکنده بوده و در چنین حالتی خسارت به درختان باقی‌مانده در جنگل در طی عملیات بهره‌برداری غیرقابل‌اجتناب است؛ زیرا درختان مورد قطع درحین افتادن و خروج از جنگل با درختان باقی-مانده برخورد کرده و خساراتی را به آن‌ها وارد می‌آورند که با عنوان صدمات اولیه بهره‌برداری نام‌برده می‌شوند. تحقیقات انجام‌گرفته نشان می‌دهد در طی اجرای هر بار عملیات بهره‌برداری حدود ۱۳ تا ۲۳ درصد از درختان باقی‌مانده در پارسل (واحد مدیریت جنگل) صدمه می‌بینند (Tavankar and Bonyad, 2014) و فراوان‌ترین شکل صدمه ایجاد زخم بر روی تنه درختان باقی‌مانده گزارش‌شده است (Majnounian *et al*., 2009; Naghdi *et al*., 2009; Jourgholami *et al*., 2012). صدمات قطع و چوبکشی زمینی در جنگل‌های مازندران ۱۵/۵ درصد (Lotfalian *et al*., 2008)، در جنگل‌های شفارود ۱۹/۷ درصد (Nikooy *et al*., 2010)، در جنگل‌های اسالم ۱۳/۲ درصد (Tavankar *et al*., 2010)، و در جنگل‌های خیرود ۱۶/۴ درصد (Jourgholami *et al*., 2012) گزارش شده‌است. بیشتر زخم‌ها در مرحله خروج تنه درختان قطع‌شده از جنگل ایجاد می‌شود (Nikooy *et al*., 2010; Tavankar *et al*., 2013; Mostafanezhad *et al*., 2014; Keivan Behjou *et al*., 2015; Mousavi Mirkala, 2017). با توجه به شدت زخم، گونه و قطر درخت زخمی، در سال‌های بعد تعدادی از زخم‌ها ترمیم‌یافته و تعدادی نیز منجر به پوسیدگی تنه می‌شوند (Sarayelou *et al*., 2015; Bonyad and Tavankar, 2016). پوسیدگی علاوه بر کاهش رویش درختان و توانایی تجدیدحیات آن‌ها، به‌شدت از ارزش تجاری تنه می‌کاهد (Vasiliauskas, 2001; Tavankar *et al*., 2015a)، به-خصوص این‌که بیشتر زخم‌ها و پوسیدگی‌ها در قسمت‌های ابتدایی تنه که از باارزش‌ترین قسمت تنه هستند ایجاد می‌شوند (Naghdi *et al*., 2008; Nikooy *et al*., 2010). به‌منظور پیش‌بینی وضعیت درختان توده در سال‌های بعد از بهره‌برداری نیاز به پژوهش‌های پویا از وضعیت زخم‌ها و حجم پوسیدگی درختی است تا مشخص شود که کدام زخم‌ها منجر به پوسیدگی در تنه درختان می‌شوند و روند گسترش پوسیدگی در گونه‌های درختی و توده جنگل چگونه است.

بررسی‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد ظهور پوسیدگی تنه در اثر زخم بهره‌برداری به‌شدت زخم، اندازه زخم، ارتفاع زخم از سطح زمین، نسبت اندازه زخم به سطح مقطع درخت در محل زخم، گونه درخت و مشخصات رویشگاه بستگی دارد (Vasiliauskas, 2001; Ezzati and Najafi, 2010; Tavankar *et al.*, 2015a). همچنین ظهور پوسیدگی بستگی به مدت‌زمان سپری‌شده از زمان ایجاد زخم دارد (Vasiliauskas, 2001)، به‌طوری‌که زخم‌های باز ترمیم‌نیافته ممکن است در سال‌های بعد دچار پوسیدگی شوند. مقدار گسترش پوسیدگی نیز در گونه‌های مختلف متفاوت گزارش شده‌است (Vasiliauskas and Stenlid, 2007; Bonyad and Tavankar, 2016). همچنین گزارش شده‌است که مقدار گسترش پوسیدگی در ارتباط با طول اولیه زخم و قطر درختان است (Vasiliauskas, 2001). مقدار گسترش پوسیدگی در پنج سال اولیه بعد از ظهور پوسیدگی کم، اما در سال‌های بعد سریع گزارش‌شده است (Vasiliauskas, 2001).

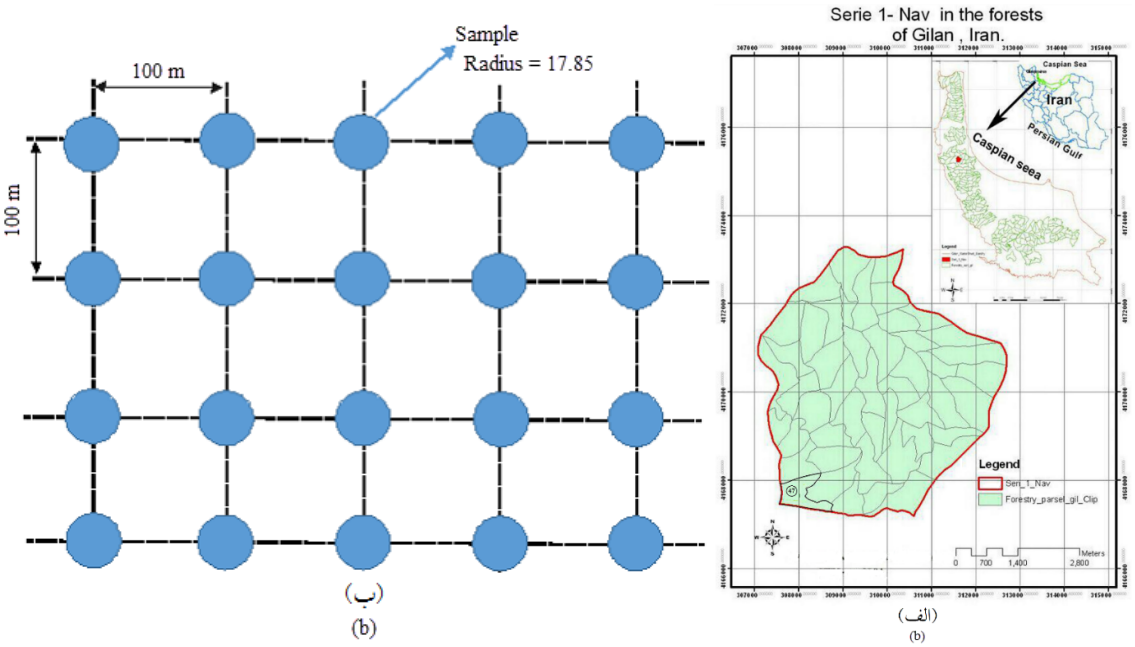
در جنگل‌های شمال ایران بیشتر پژوهش‌ها بر وضعیت زخم‌های تنه درختان در سال‌های پس از ایجاد زخم متمرکز بوده و عوامل مؤثر در ترمیم و پوسیدگی زخم تنه بررسی‌شده است. درحالی‌که حجم پوسیدگی، مقدار گسترش و ضررهای مالی ناشی از آن در سال‌های پس از بهره‌برداری در سطح توده مدیریت‌شده کمتر موردبررسی قرار گرفته‌است. هدف از این تحقیق عبارت بود از: الف) بررسی گسترش پوسیدگی تنه درختان زخمی شده در اثر بهره‌برداری و عوامل مؤثر بر آن و ب) برآورد خسارت مالی ناشی از پوسیدگی تنه درختان در جنگل‌های با ارزش ناو اسالم در استان گیلان.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

این تحقیق در پارسل شماره ۴۷ سری یک جنگل ناو اسالم در حوزه آبخیز شماره هفت در استان گیلان انجام شد (شکل ۱). مختصات جغرافیایی این سری "۴۴ '۴۸ °۴۸ تا "۳۰ '۵۵ °۴۸ طول شرقی و "۳۴ '۳۸ °۳۷ تا "۲۱ '۴۲ °۳۷ عرض شمالی است. اقلیم منطقه بر اساس ضریب رطوبت دومارتن در گروه مرطوب قرار دارد. بر اساس آمار ۱۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۵)، میانگین مقدار بارش سالیانه ۹۲۴ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه در حدود ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. مساحت این پارسل ۴۱ هکتار، ارتفاع از سطح دریا در آن از ۱۱۵۰ تا ۱۳۵۰ متر و جهت عمومی شیب زمین شمال غربی است. از نظر توپوگرافی منطقه‌ای است ناهموار و بیشتر مناطق آن شیب بین ۳۰ تا ۸۰ درصد دارد. نوع سنگ مادر سیلیس، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت لومی شنی و pH اسیدی بین ۵/۵ تا ۶/۲ و پوشیده از لایه لاشبرگی به عمق ۲ تا ۷ سانتی‌متر است. خاک منطقه دارای زهکشی مناسب، ریزدانه و برخی از مشخصات خاک عبارت‌اند از: میانگین عمق خاک ۱/۱۵ متر، رطوبت ۳۰ تا ۵۵ درصد، ماده آلی ۵/۷ درصد، کربن آلی ۳/۶ درصد، نسبت کربن به نیتروژن ۵/۹، درصد اشباع ۷۹ و درصد ازت کل ۰/۶۱ است (Anonymous, 2008). ساختار جنگل دانه‌زاد ناهمسال و تیپ جنگل راشستان آمیخته است. علاوه بر درختان راش (*Fagus orientalis* Lipsky.) گونه‌های دیگری مثل ممرز (*Carpinus betulus* L.)، پلت (*Acer velutinum* Boiss)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.M.) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) نیز در منطقه حضور دارند. شیوه مدیریت جنگل نزدیک‌به‌طبیعت (تک‌گزینی)، سیستم بهره‌برداری

چوب‌کشی زمینی و دورهٔ بهره‌برداری ۱۰ سال است (Nav Forest Plan, 2008). پارسل مورد بررسی دو بار در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ مورد بهره‌برداری تک‌گزینی قرار گرفته‌است. قطع و تبدیل درختان نشانه‌گذاری شده توسط اره موتوری و خارج کردن تنه‌ها و گرده‌بینه‌ها توسط ماشین چوب‌کشی چرخ لاستیکی مدل تیمبرجک ۴۵۰C انجام می‌گیرد. وزن ماشین چوب‌کشی ۹/۸ تن، قدرت موتور ۱۷۷ اسب بخار، طول و عرض آن به ترتیب ۶/۴ و ۳/۸ متر است. طول گرده‌بینه‌های خروجی ۵/۲ و ۷/۸ متر و حداکثر طول کابل جمع‌آوری (وینچینگ) ۵۰ متر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی (الف) و شبکهٔ آماربرداری قطعات نمونه (ب)

Figure 1. Location of the study area (a) and inventory network of plots (b)

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

روند حجمی و اقتصادی پوسیدگی تنه درختان ناشی از صدمات بهره‌برداری در یک دوره ۱۰ ساله بررسی شد. نمونه‌برداری دومرتبه در تابستان ۱۳۸۵ و تابستان ۱۳۹۵ انجام شد. روش نمونه‌برداری طرح، منظم تصادفی، فاصله قطعه‌نمونه‌ها از یکدیگر ۱۰۰ متر، تعداد قطعه‌نمونه ۴۰ و مساحت هر قطعه‌نمونه ۱۰ آر به شکل دایره بود (شکل ۱). در داخل قطعه‌نمونه‌ها قطر برابرسینه و ارتفاع تمام پایه‌های قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر به ترتیب با استفاده از نوار قطرسنج و دستگاه ارتفاع‌سنج سونتو اندازه‌گیری شدند. حجم تنه درختان با استفاده از جداول حجم محلی به‌دست آمد. حجم پوسیدگی تنه (V) با اندازه‌گیری قطرهای بالا (d_1) و پایین (d_2) و طول پوسیدگی (LD) در محل پوسیدگی تنه و با استفاده از رابطه اسمالیان محاسبه شد (رابطه ۱). روند حجمی پوسیدگی در توده (DD_s) از نسبت تفاوت حجم پوسیدگی در انتها (DV_2) و ابتدای دوره (DV_1) بر مدت‌زمان سپری‌شده (t) به دست آمد (رابطه ۲). روند اقتصادی پوسیدگی در توده (EL_s) از نسبت تفاوت ارزش حجم چوب پوسیده در انتهای دوره (DP_2) و

ابتدای دوره (DP_1) بر مدت‌زمان سپری‌شده (t) به‌دست آمد (رابطه ۳). ارزش حجم چوب از قیمت فروش گونه‌های مختلف چوب در سال ۱۳۹۴ توسط شرکت سهامی جنگل شفارود (مجری طرح‌های جنگلداری منطقه مورد بررسی) تعیین شد.

$$V = (d_1 + d_2)^2 \times 0.1962 \times LD \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$DD_s = (DV_2 - DV_1) / t \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$EL_s = (DP_2 - DP_1) / t \quad \text{رابطه (۳)}$$

میانگین حجم پوسیدگی در ابتدای دوره با میانگین انتهای دوره در توده و در هر گونه درخت با استفاده از آزمون t نمونه‌های مستقل بعد از تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف–اسمیرنوف مقایسه شد. تأثیر گونه درخت و کلاس قطر برابرسینه درختان (۳۱ >، ۶۰ –۳۱، ۹۰ –۶۱ و ۹۰ < سانتی‌متر) بر روند حجمی پوسیدگی از طریق تجزیه واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) بررسی و تشخیص تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ =α استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

نتایج

از تعداد کل قطعات نمونه برداشت‌شده در ابتدا و انتهای دوره تعداد ۱۵ قطعه‌نمونه (۳۷/۵ درصد) دارای ۴۰ اصله درختان تنه‌پوسیده در اثر صدمات بهره‌برداری بود. تعداد کل درختان بررسی‌شده در ابتدای دوره ۱۰۵۵ اصله و در انتهای دوره ۱۱۸۴ اصله بود. فراوانی درختان تنه پوسیده در ابتدای دوره ۳/۸ درصد و در انتهای دوره ۳/۴ درصد بود. حجم چوب سرپا، حجم چوب پوسیده و نسبت حجمی پوسیدگی در اثر صدمات بهره‌برداری در ابتدا و انتهای دوره ۱۰ ساله در جدول ۱ آمده است. میانگین حجم چوب سرپا در دوره ۱۰ ساله از ۱۹۸/۵ مترمکعب در هکتار در ابتدای دوره به ۲۱۱/۴ مترمکعب در هکتار در انتهای دوره افزایش یافت (P> ۰/۰۵). حجم چوب پوسیده ۰/۴۸ مترمکعب در هکتار در ابتدای دوره به ۱/۷۱ مترمکعب در هکتار در انتهای دوره افزایش یافت (P< ۰/۰۱). نسبت حجم پوسیدگی از ۰/۲۴ به ۰/۸۱ درصد از ابتدای دوره به انتهای دوره افزایش یافت (P< ۰/۰۱).

حجم پوسیدگی در ابتدای دوره (۱۳۸۵) و انتهای دوره (۱۳۹۵) برای گونه‌های مختلف درختان و کل گونه‌ها در جدول ۲ آمده است. حجم پوسیدگی در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره در تمام گونه‌های درختی افزایش معنی‌داری داشت. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد (جدول ۵) گونه درخت تأثیر معنی‌داری بر روند حجمی پوسیدگی دارد (P < ۰/۰۱). حجم پوسیدگی در ابتدای دوره ۰/۴۸ مترمکعب در هکتار بود و پس از گذشت ۱۰ سال به ۱/۷۱ مترمکعب در هکتار افزایش یافت. گونه راش بیشترین حجم پوسیدگی در ابتدا و انتهای دوره را داشت. روند پوسیدگی در توده مورد بررسی ۰/۱۲۳ مترمکعب در هکتار در سال به‌دست آمد. در واقع در هرسال ۰/۱۲۳ مترمکعب چوب در هر هکتار در اثر صدمات بهره‌برداری پوسیده‌شده است (جدول ۲).

جدول ۱- حجم چوب سرپا، حجم چوب پوسیده و نسبت حجمی پوسیدگی (میانگین ± انحراف معیار) در اثر صدمات بهره‌برداری در ابتدا و انتهای دوره ۱۰ ساله و نتایج آزمون t مستقل در جنگل آمیخته راش اسالم

Table 1. Stand volume, decayed wood volume, and ratio of decay volume (Mean ± Standard deviation) caused by logging damages at the start and end of 10 years period and results of independent t test in mixed beech forest of Asalem

انتهای دوره (سال ۱۳۹۵) End of period (2016)	ابتدای دوره (سال ۱۳۸۵)* Start of period (2006)	توده جنگل Forest stand
211.4 ± 21.6 [a]	198.5 ± 20.3 [a]	حجم چوب سرپا (m^3 ha^{-1}) Stand volume (m^3 ha^{-1})
1.71 ± 0.31 [a]	0.48 ± 0.08 [b]	حجم چوب پوسیده (m^3 ha^{-1}) Decayed wood volume (m^3 ha^{-1})
0.81 ± 0.17 [a]	0.24 ± 0.05 [b]	نسبت حجم پوسیدگی (درصد) Ratio of decay volume (%)

*حروف غیرمشترک در هر ردیف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۰/۰۵ = α از طریق آزمون دانکن است.

*Different letters in each row indicate statistical difference at α=0.05 by Duncan test.

جدول ۲- حجم پوسیدگی در ابتدا و انتهای دوره و روند حجمی پوسیدگی (میانگین ± انحراف معیار) و نتایج آزمون t مستقل

Table 2. Decay volume at the start and end of period (mean ± standard deviation) and results of independent t test

روند حجمی پوسیدگی* Trend of decay volume (m^3 ha^{-1} yr^{-1})	حجم پوسیدگی در انتهای دوره* Decay volume at the end of period (m^3 ha^{-1})	حجم پوسیدگی در ابتدای دوره* Decay volume at the start of period (m^3 ha^{-1})	تعداد درخت Number of tree	گونه درخت Tree species
0.046 ± 0.011[a]	0.63 ± 0.11 [a]	0.17 ± 0.08 [b]	13	راش Beech
0.013 ± 0.003[b]	0.21 ± 0.09 [a]	0.08 ± 0.02 [b]	6	ممرز Hornbeam
0.011 ± 0.003[b]	0.16 ± 0.05 [a]	0.05 ± 0.01 [b]	5	پلت Velvet maple
0.011 ± 0.003[b]	0.16 ± 0.05 [a]	0.05 ± 0.01 [b]	5	شیردار Cappadocian maple
0.017 ± 0.004[b]	0.23 ± 0.05 [a]	0.06 ± 0.02 [b]	5	توسکا Alder
0.013 ± 0.003[b]	0.17 ± 0.05 [a]	0.04 ± 0.01 [b]	3	نمدار Lime tree
0.012 ± 0.003[b]	0.15 ± 0.03 [a]	0.03 ± 0.01 [b]	3	بلندمازو Chestnut-leaved Oak
0.123 ± 0.032	1.71 ± 0.26 [a]	0.48 ± 0.11 [b]	40	کل گونه‌ها All species

*حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۰/۰۵ = α از طریق آزمون دانکن است.

*Different letter in each column indicate statistical difference at α=0.05 by Duncan test.

ارزش چوب پوسیده در اثر صدمات بهره‌برداری در ابتدا و انتهای دوره در جدول ۳ ارائه‌شده است. ارزش چوب پوسیده در ابتدای دوره ۴/۸۴ میلیون ریال در هکتار بود که به ۱۷/۳۴ میلیون ریال در هکتار در انتهای دوره افزایش یافت. مقدار افزایش ارزش چوب پوسیده در تمام گونه‌های درختان و در کل توده از نظر آماری معنی‌دار بود. روند اقتصادی پوسیدگی ۱/۲۵ میلیون ریال در هکتار در سال محاسبه شد. در واقع در هرسال در هر هکتار ۱/۲۵ میلیون ریال به دلیل پوسیدگی چوب ناشی از صدمات بهره‌برداری خسارت وارد می‌شود. بیشترین ارزش چوب پوسیده در ابتدا و انتهای دوره مربوط به گونه راش است.

جدول ۳- ارزش چوب پوسیده در ابتدا و انتهای دوره و روند اقتصادی پوسیدگی (میانگین ± انحراف معیار)؛ نتایج آزمون t مستقل

Table 2. Economic trend and Decay value at the start and end of period (mean ± standard deviation) and results of independent t test

روند اقتصادی پوسیدگی* Economic trend of decay value ($m^3\ ha^{-1}\ yr^{-1}$)	ارزش چوب پوسیده در انتهای دوره* Decay value at the end of period ($m^3\ ha^{-1}$)	ارزش چوب پوسیده در ابتدای دوره* Decay value at the start of period ($m^3\ ha^{-1}$)	گونه درخت Tree species
0.501 ± 0.011	6.86 ± 1.19 a	1.85 ± 0.87 b	راش Beech
0.101 ± 0.03	0.03 ± 0.70 a	0.63 ± 0.16 b	ممرز Hornbeam
0.115 ± 0.003	1.68 ± 0.53 a	0.53 ± 0.11 b	پلت Velvet maple
0.116 ± 0.003	1.69 ± 0.55 a	0.53 ± 0.10 b	شیردار Cappadocian maple
0.168 ± 0.004	2.27 ± 0.49 a	0.59 ± 0.20 b	توسکا Alder
0.136 ± 0.003	1.78 ± 0.52 a	0.42 ± 0.10 b	نمدار Lime tree
0.116 ± 0.003	1.45 ± 0.85 a	0.29 ± 0.09 b	بلندمازو Chestnut-leaved Oak
1.250 ± 0.032	17.34 ± 2.73 a	4.84 ± 0.11 b	کل گونه‌ها All species

*حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۰/۰۵ = α از طریق آزمون دانکن است.

*Different letter in each column indicate statistical difference at α=0.05 by Duncan test.

روند حجمی و اقتصادی پوسیدگی تنه درختان در کلاسه قطر برابرسینه در جدول ۴ آمده است. روند حجمی پوسیدگی و به‌تبع آن روند اقتصادی پوسیدگی با افزایش قطر برابرسینه درختان افزایش یافت. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد (جدول ۵) طبقه قطر برابرسینه تأثیر معنی‌داری بر روند حجمی پوسیدگی دارد (P< ۰/۰۱). نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که میانگین روند حجمی پوسیدگی در هر چهار طبقه قطر برابرسینه تفاوت معنی‌داری (۰/۰۵ > P) باهم دارند.

جدول ۴- روند حجمی و اقتصادی پوسیدگی تنه درختان در کلاسه قطر برابرسینه (میانگین ± انحراف معیار)

Table 4. Economic trend of volume and value of decay in DBH classes (Mean ± standard deviation)

روند اقتصادی پوسیدگی Economic trend of decay value ($m r ha^{-1} yr^{-1}$)	روند حجمی پوسیدگی Trend of decay volume ($m^3 ha^{-1} yr^{-1}$)	تعداد درخت Number of tree	قطر برابرسینه (سانتی‌متر) DBH (cm)
0.136 ± 0.032^{d}	0.013 ± 0.003^{d}	6	< 30
0.252 ± 0.032^{c}	0.024 ± 0.004^{c}	7	31 – 60
0.409 ± 0.032^{b}	0.039 ± 0.007^{b}	13	61 – 90
0.493 ± 0.032^{a}	0.047 ± 0.011^{a}	14	> 91

جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس تأثیر گونه درخت و کلاس قطر برابرسینه بر روند پوسیدگی زخم تنه

Table5. Results of ANOVA test for effect of tree species and DBH class on Volume trend of decay

متغیر Variable	عامل تغییر Source of variation	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares	F	P
گونه درخت Tree species	بین گروه‌ها Between groups	0.010	6	0.002	19.95	0.000
	درون گروه‌ها Within groups	0.003	33	0.00010		
	مجموع Total	0.013	39			
کلاس قطر برابرسینه DBH class	بین گروه‌ها Between groups	0.006	3	0.002	17.42	0.000
	درون گروه‌ها Between groups	0.004	36	0.00011		
	مجموع Total	0.010	39			

بحث

نسبت حجم چوب پوسیده به حجم چوب سرپا در ابتدای دوره ۱۰ ساله (سال ۱۳۸۵) ۰/۲۴ درصد بود، اما در انتهای دوره (سال ۱۳۹۵) این نسبت به ۰/۸۱ درصد افزایش یافت. دلیل این افزایش، گسترش پوسیدگی چوب در تنه‌های آسیب‌دیده (زخمی) و شروع پوسیدگی در زخم‌های عمیق و اندازه بزرگ در تنه درختان زخمی شده در اثر بهره‌برداری (سال ۱۳۸۰ و سال ۱۳۹۰) با گذشت زمان است. تحقیقات انجام‌گرفته نشان داده است که صدمات بهره‌برداری بر توده باقی-مانده در سال‌های پس از بهره‌برداری افزایش می‌یابد (Smith *et al*., 1994; Camp, 2002; Ezzati and Najafi, 2010). کاهش رویش قطری و ارتفاعی، پوسیدگی چوب تنه، خشک شدن، نابودی و کاهش توانایی تجدیدحیات درختان باقی‌مانده از صدمات ثانویه بهره‌برداری در سامانه‌های مدیریت جنگل به شکل ناهمسال است (Vasiliauskas, 2001; Tavankar *et al*., 2015a). Bonyad and Tavankar (2016) مقاومت گونه‌های مختلف درختان در برابر صدمات بهره‌برداری (زخم تنه) را در یک دوره ۱۲ ساله در جنگل‌های راش اسالم مورد بررسی قراردادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد ۱۱/۴ درصد از زخم‌ها و همه زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌مترمربع منجر به پوسیدگی تنه شده‌بودند. در تحقیق حاضر روند حجمی

پوسیدگی تنه ناشی از زخم تنه در اثر بهره‌برداری در یک دوره ۱۰ ساله در جنگل‌های راش اسالم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج هر دو تحقیق انجام گرفته در جنگل‌های راش اسالم نشان‌می‌دهد که با گذشت زمان تعدادی از زخم‌های تنه ترمیم نیافته و منجر به پوسیدگی شده و به‌تبع آن حجم پوسیدگی تنه نیز افزایش یافته-است. همچنین بر اساس تحقیق دیگر انجام‌گرفته در جنگل ناو اسالم، گزارش‌شده است که ۳۸/۱ درصد از زخم‌های ایجاد شده با شدت عمیق‌تر از پوست بر روی تنه درختان راش منجر به پوسیدگی می‌شود (Tavankar *et al*., 2015b). در اثر صدمات بهره‌برداری ۱۱ مترمکعب در هکتار حجم پوسیدگی در جنگل‌های بلاروس گزارش‌شده است (Kovbasa, 1996). حجم چوب پوسیده در اثر صدمات بهره‌برداری در انتهای دوره ۱۰ ساله ۱/۷۱ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد که کمتر از آمار ارائه‌شده در جنگل بلاروس است. این امر می‌تواند دلایل متعدد داشته باشد، مانند بیشتر بودن تعداد درختان زخمی در هکتار در جنگل‌های بلاروس نسبت به جنگل‌های راش اسالم، بیشتر بودن توانایی ترمیم زخم تنه و ترکیب سنی جوان‌تر درختان در جنگل‌های راش اسالم نسبت به جنگل‌های بلاروس باشد. با توجه به شرایط مناسب‌تر آب و هوایی (معتدل) و بیش‌تر بودن ماه‌های رویش (حدود هفت ماه) در جنگل‌های شمال ایران، احتمالاً توانایی مقابله درختان با صدمات بهره‌برداری و قابلیت ترمیم زخم تنه در این جنگل‌ها بیشتر از جنگل‌های بلاروس خواهد بود. تحقیقات انجام‌گرفته نشان داده‌اند که حجم پوسیدگی بستگی به مقدار و شدت صدمات اولیه بهره‌برداری واردآمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل، گونه‌های درختی، سن توده، مشخصات رویشگاه و مدت‌زمان سپری‌شده از زمان ایجاد زخم دارد (Vasiliauskas, 2001; Tavankar and Bonyad, 2014).

اندازه زخم تنه یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رویش قطری (Tavankar *et al*., 2015b) و کیفیت چوب (Bonyad and Tavankar, 2016) در سال‌های پس از ایجاد زخم در جنگل‌های شمال ایران گزارش شده‌است. زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ سانتی‌مترمربع ترمیم نمی‌شوند و بیشتر آن‌ها منجر به پوسیدگی می‌شوند (Tavankar and Bonyad, 2014). اندازهٔ زخم های ایجادشده در مراحل وینچینگ و چوب‌کشی کوچک‌تر از اندازهٔ زخم تنه در مرحله قطع و انداختن درختان گزارش شده‌است (Tavankar *et al*., 2013). همچنین اندازهٔ زخم تنه بستگی به گونه درخت نیز دارد، به‌طوری‌که در تحقیقی گزارش شده‌است که اندازهٔ زخم تنه در گونه‌های توسکا، نمدار و افرا بزرگ‌تر از درختان راش و ممرز است (Bonyad and Tavankar, 2016).

شدت زخم تنه نیز یکی دیگر از عوامل مهم و اصلی تأثیرگذار در آینده درخت است (Vasiliauskas, 2001; Tavankar *et al*., 2015b). در بیشتر پژوهش-های مربوط به صدمات بهره‌برداری، شدت زخم تنه با سه شدت کنده‌شدن پوست، صدمه به کامبیوم و صدمه به چوب بررسی می‌شود (Picchio *et al*., 2012). تحقیقات انجام‌گرفته در جنگل‌های شمال ایران نشان داد که حدود ۷/۱ درصد زخم‌های با شدت کنده‌شدن پوست، ۱۴/۳ درصد زخم‌های با شدت صدمه به کامبیوم و ۲۸/۱ درصد زخم‌های با شدت صدمه به چوب منجر به پوسیدگی تنه درختان می‌شوند (Tavankar and Bonyad, 2014; Tavankar *et al*., 2015b). زخم‌های اندازه‌بزرگ، بیشتر در مرحله انداختن درختان مورد قطع و زخم‌های شدید بیشتر در مرحله کشیدن گرده‌بینه‌ها بر روی تنه درختان باقی‌مانده در جنگل ایجاد می‌شوند (Naghdi *et al*., 2008; Nikooy *et al*., 2010; Tavankar *et al*., 2013)؛ بنابراین به‌منظور کاهش حجم پوسیدگی، به حداقل

رساندن تعداد زخم‌های بزرگ و شدید بر روی تنه درختان باقی‌مانده در جنگل در طی عملیات قطع درختان و خروج گرده‌بینه‌ها از جنگل بسیار ضروری است. در واقع، قطع و انداختن درختان یکی از مراحل مهم تأثیرگذار در صدمات واردآمده بر درختان جنگل است (Nikooy *et al*., 2010; Keivan Behjou and Ghafarzade Mollabashi, 2012). قطع و انداختن هدایت‌شده درختان یکی از مؤثرترین راهکار کاهش صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل است. قطع و انداختن درختان قطور و مرتفع با حداقل صدمات به درختان باقی‌مانده در جنگل‌های تک‌گزینی کوهستانی و متراکم شمال ایران نیاز به کارکنان باتجربه، آموزش‌دیده و تجهیزات لازم دارد. همچنین جمع‌آوری و خروج گرده‌بینه‌ها از حساس‌ترین مراحل بهره‌برداری است که بیشترین پتانسیل وارد آمدن صدمات بر توده را دارد (Tavankar *et al*., 2015a; Mousavi Mirkala, 2017). محدود کردن عملیات جمع‌آوری به مناطق عاری از درخت و تجدیدحیات و شیب‌های کمتر از ۵۰ درصد ضروری است. علاوه بر اندازه و شدت زخم دیگر عوامل نیز در بروز پوسیدگی تنه توسط زخم‌های بهره‌برداری تأثیرگذار هستند که می‌توان به گونه و قطر درخت زخمی (Vasiliauskas, 2001)، ارتفاع زخم تنه از سطح زمین (Camp, 2002; Bonyad and Tavankar, 2016) اشاره کرد. بر اساس نتایج این تحقیق روند حجمی پوسیدگی در اثر صدمات بهره‌برداری ۰/۱۲۳ مترمکعب در هکتار در سال در جنگل مورد بررسی به دست آمد. این روند حجمی پوسیدگی معادل خسارتی به مقدار ۱/۲۵ میلیون ریال درهکتار درسال است. بیشتر خسارت حجمی و ریالی در اثر پوسیدگی چوب مربوط به درختان راش است؛ زیرا در توده مورد بررسی درختان راش بیشترین فراوانی را داشتند. حجم و روند پوسیدگی تنه در درختان قطور که ارزش اقتصادی بیش‌تری دارند، بیش‌تر از درختان کم‌قطر است. به‌منظور کاهش حجم پوسیدگی چوب درختان سرپا در منطقه مورد بررسی، باید تعداد و شدت زخم‌های تنه در طی عملیات بهره‌برداری کاهش یابد. با طراحی مناسب عملیات بهره‌برداری صدمات وارد آمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل‌های آمازون را ۱۶ درصد کاهش دادند (Johns *et al*., 1996). تحقیقات انجام‌گرفته در جنگل‌های مالزی نشان داد با بهبود روش‌های قطع اندازه صدمات وارد آمده بر توده باقی-مانده به یک‌سوم تا یک‌چهارم کاهش یافته‌است (Pinard and Putz, 1996). در سیستم چوب‌کشی زمینی علاوه بر فاصله وینچینگ، عوامل شیب زمین، زاویه وینچینگ، تراکم توده و مسیر وینچینگ نیز از عوامل تأثیرگذار بر صدمات هستند (Picchio *et al*., 2012، Tavankar *et al*., 2015a، Mollabashi, 2015، Mousavi Mirkala, 2017، Keivan Behjou and Ghafarzade, 2012). با افزایش شیب زمین اولاً انتخاب مسیر مناسب وینچینگ مشکل شده و دوماً در هنگام وینچینگ گرده‌بینه‌ها به سمت مخالف جهت شیب زمین نیروی بیشتری لازم بوده و شیب موجب افزایش فراوانی صدمات شده است. با افزایش زاویه وینچینگ گرده‌بینه‌ها هنگام جمع‌آوری بر روی زمین غلط‌خورده و موجب برهم‌خوردگی سطح بیشتری می‌شوند و در نتیجه صدمات بر درختان باقی‌مانده افزایش می‌یابد. همچنین صدمات وارد آمده بر توده باقی‌مانده در اثر بهره‌برداری می‌تواند به‌علت کاهش رویش درختان صدمه‌دیده، پوسیدگی چوب و نابودی درختان، اهداف جنگل‌شناسی تک‌گزینی را با مشکل مواجه سازد. در این زمینه مقدار کاهش رویش قطری در زخم‌های پوسیده گونه راش ۱۵/۳ درصد گزارش‌شده است (Tavankar *et al*., 2015b).

References

- Anonymous, 2008. Nav Forest management plan, Asalem natural resources office, Nav watershed. 288 p. (In Persian)
- Bonyad, A. & F. Tavankar, 2016. Investigation on resistance of different tree species to logging wounds (Case study: District 1 of Asalem-Nav forest), *Journal of Forest and Wood Products*, 68(4): 741-756. (In Persian)
- Camp, A., 2002. Damage to residual trees by four mechanized harvest systems operating in small-diameter, mixed conifer forests on steep slopes in northeastern Washington: A case study, *Western Journal of Applied Forestry*, 17(1): 14-22.
- Ezzati, S. & A. Najafi, 2010. Long-term impact evaluation of ground-base skidding on residual damaged trees in the Hyrcanian forest, Iran, *International Journal of Forest Research*, 1(1): 1-8.
- Hosseini, S. M., B. Majnounian & M. Namiranian, 2001. A study of logging damage to the forest stands incurred in two mechanized logging systems (skidding and cable system) in northern forests of Iran, *Iranian Journal of Natural Resources*, 54(1): 23-29. (In Persian)
- Johns, J. S., P. Barreto & C. Uhl, 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon, *Forest Ecology and Management*, 89(1-3): 59-77.

Jourgholami, M., V. Rizvandi & B. Majnounian, 2012. Evaluating the extent, patterns, size and distribution of tree scars following skidding operation (Case study: Kheyrud forest), *Iranian Journal of Forest*, 4(3): 187-196. (In Persian)

- Keivan Behjou, F., B. Majnounian & M. Namiranian, 2015. Technical analysis of created scars on the edge trees of skid-trail due to skidding operation, *Journal of Forest and Wood Products*, 67(4): 541-552. (In Persian)
- Keivan Behjou, F. & O. Ghafarzade Mollabashi, 2012. Selective logging and damage to unharvested trees in a Hyrcanian forest of Iran, *Bioresources*, 7(4): 4867-4874.
- Kovbasa, N. P., 1996. Distribution and spreading of wound rot in Belarus Spruce stands and measures to limit the losses. Ph.D. thesis. Belarusian Plant Protection Research Institute, Priluki, Minsk.
- Lotfalian, M., A. Parsakho & B. Majnoinian, 2008. A method for investigation of commercial logging damage on forest stand and regeneration (Case study: Elendan and Vaston district). *Journal of Environmental Science and Technology*, 10(2): 51-60. (In Persian)
- Majnounian, B., M. Jourgholami, M. Zobeiri & J. Feghhi, 2009. Assessment of forest harvesting damage to residual stands and regenerations- A case study of Namkhaneh district in Kheyrud forest, *Environmental Sciences*, 7(1): 33-44. (In Persian)
- Mostafanezhad, S. R., A. Eghtesadi & K. Espahbodi, 2014. Comparison of effective factors in exploiting the forest damage in forest management plan of Neka Zalem Rud. *Iranian Journal of Forest*, 5(3): 253-270. (In Persian)
- Mousavi Mirkala, R., 2017. Comparison of damage to residual stand due to applying two different harvesting methods in the Hyrcanian forest of Iran: cut-to-length vs. tree length, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 2(15): 13-27.
- Naghdi, R., I. Bagheri, K. Taheri & M. Akef, 2007. Evaluation of assortment logging method with respect to residual damage in Shefarood Forest (North of Iran), *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60(3): 931-947. (In Persian)
- Naghdi, R., N. Rafatnia, I. Bagheri & V. Hemati, 2008. Evaluation of residual damage in felling gaps and extraction routes in single selection method (Siyahkal forest), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 87-98. (In Persian)
- Nikooy, M., R. Rashidi & G. Kocheki, 2010. Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaroud, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2): 173-179.
- Picchio, R., N. Magagnotti, A. Sirna & R. Spinelli, 2012. Improved winching technique to reduce logging damage. *Ecological Engineering*, 47: 83-86.
- Pinard, M. A., & F. E. Putz, 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica*, 278-295.
- Smith, H. C., G. W. Miller & T. M. Schuler, 1994. Closure of logging wounds after 10 years. USDA Forest Service. Research Paper NE-692, 10 p.
- Sarayelou, E., M. Jourgholami & B. Majnounian, 2015. Long-term impact evaluation of ground-based skidding on residual damaged trees (Case study: Tavir

forest management plan), *Iranian Journal of Forest*, 7(1): 111-126. (In Persian)
- Tavankar, F., A. Eslam Bonyad, B. Majnunian & A. Iranparast Bodaghi, 2010. Investigation on the damages to residual trees by ground-based logging system (Case study: Asalem-Nav forest area). *Journal of wood and forest science and technology*, 17(2): 57-72. (In Persian)
- Tavankar, F., A. E. Bonyad & B. Majnounian, 2015a. Affective factors on residual tree damage during selection cutting and cable-skidder logging in the Caspian forests, Northern Iran, *Ecological Engineering*, 83(8): 505-512.
- Tavankar, F., A. Bonyad, E. Marchi, R. Venanzi & R. Picchio, 2015b. Effect of logging wounds on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees following selection cutting in Caspian forest of Iran, *New Zealand Journal of Forestry Science*, 45(19): 1–7.
- Tavankar, F. & A. E. Bonyad, 2014. Long-term Effects of Logging Damages on Quality of Residual Trees in the Asalem Nav Forest, *Journal of Environmental Studies* 40(1): 10-12. (In Persian)
- Tavankar, F., B. Majnounian & A. E. Bonyad, 2013. Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran, *Journal of Forest Science*, 59(5): 196-203.
- Vasiliauskas, R., 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forest: a literature review, *Forestry*, 74(4): 319-336.
- Vasiliauskas, R. & J. Stenlid, 2007: Discoloration following bark stripping wounds on *Fraxinus excelsior*, *Forest Pathology*, 28(6): 383-390.
- Westweld, M., 1926. Logging damage to advance spruce and fir reproduction. *Journal of Forestry*, 24(5): 579-582.

Decay development of trees bole following logging damages in a 10 years period in mixed beech forest (Case study of Asalem-Nav forest in Guilan)

F. Tavankar*[1] and M. Nikooy[2]

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Khalkhal Branch, Islamic Azad University, Khalkhal, I.R. Iran.
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I.R. Iran.

Received: 11.03.2017 Accepted: 09.05.2017

Abstract

One of problems in managing of uneven-age forests is logging damages to residual trees and reducing stand quality and quantity in years after logging operation. In this research, trend of bole decay and economic loses by it, following logging damages, were analyzed at a 10 year period in a mixed beech forest in Guilan province. Volume of decayed section on trees bole was measured by Smalian formula, and volume of standing trees bole was estimated by local tree volume tables via plots of 0.1 ha area and systematic sampling design at the start and end of period. Results showed that volume of decayed bole were increased from 0.48 m3/ha at the start of period to 1.71 m3/ha at the end of period ($P < 0.01$). Ratio of decayed-bole volume to standing tree volume were increased from 0.24% at the start of period to 0.81% at the end of period ($P < 0.01$). The volume trend of decay was estimated 0.123 m3/ha/yr and the economic trend of decay was estimated 1.25 mil. Rial/ha/yr. The decay volume at the end of period was more than the start of period in the all tree species ($P < 0.01$). The volume trend of decay was increased by increasing of trees DBH. In order to reduction of trees-bole decay, logging damages should be reduced, that this issue needs to careful and principles planning of each logging stage, education and reeducation of logging personnel, and continuous assessment of logging damages.

Keywords: Bole decay, Bole wound, Ground skidding, Logging damages, Uneven-age stand.

* Corresponding author: Email: tavankar@aukh.ac.ir