

طراحی، انتخاب اجزا و روش ساخت بخش مکنده یک دستگاه مکنده - خردکننده برگ

علیرضا شیرنشان^{۱*}، محمد علی قضاوی^۲، مهرداد پورسینا^۳

تاریخ دریافت: ۱۷ خرداد ۹۲ تاریخ پذیرش: ۳۱ تیر ۹۲

چکیده

با توجه به ریزش انبوه برگهای درختان در سطوح پارکها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و عدم وجود و تولید داخلی دستگاه مکنده-خردکننده برگ نوع چرخدار که مخصوص استفاده در پارکها و فضاهای سبز بزرگ می باشد، طراحی و ساخت این دستگاه در داخل کشور جهت جمع آوری و بازیافت بقایای طبیعی بشدت احساس می گردد، در این مقاله طراحی قسمت مکنده دستگاه که یکی از قسمت های اصلی دستگاه می باشد و شامل دهانه ورودی، کانالها و مجاری عبور هوای مکشی و یک فن مکنده سانتریفوژ می باشد، مطابق با شرایط کاری دستگاه و بر اساس روابط مربوط به مکانیک سیالات و فن های مکنده و همچنین آزمایش تعیین میزان دبی هوای مکشی برای برگها، آورده شده است.

کلمات کلیدی: برگ، دبی هوای مکشی، کانال عبور هوای مکشی، فن مکنده.

۱. مقدمه

آب جهت کشت گیاهان سبز، کمبود علوفه و مصرف بقایای گیاهی جهت تغذیه دام از طرف دیگر، مصرف کمپوست برای تامین مواد آلی از دست رفته خاک، اهمیتی خاص بخود می گیرد [۱]. بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیقات، می توان با تبدیل پس مانده های گیاهی به کود کمپوست، روزانه ۵۳۰ هکتار از خاک کشور را احیا کرد [۱].

بسیاری از جوامع پیشرفته، امروزه بعلت تاکید ویژه ای که بر روی بازیافت و مدیریت بقایای طبیعی، جهت کاهش آلودگی های زیست محیطی دارند و از طرف دیگر، چون همواره بدنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه های عملیات تولید کود کمپوست بوده اند، جهت جمع آوری برگ های ریزش شده و جداسازی آنها از روی سطح چمن پارکها و سطوح دیگر، برنامه ریزی های وسیعی داشته اند. از این روی، مشاهده می شود، ماشین ها و دستگاه های بسیاری برای جمع آوری، فشرده سازی و تجزیه کردن راحت تر و سریع تر بقایای طبیعی به مرور زمان ساخته شده و توسعه

امروزه یکی از گزینه های بازیافت مواد مختلف، استفاده از بقایای طبیعی گیاهان می باشد. با توجه به اینکه در فصل پاییز، برگ درختان خزان دار و برخی دیگر از گونه های مختلف گیاهی، در مکان هایی از جمله سطح پارکها و فضای سبز، جوی های آب، پیاده روها و کناره خیابانها ریزش می کند، می توان روش هایی جهت استفاده بهینه و بازیافت این نوع از بقایای طبیعی ارائه داد. یکی از موارد بازیافت و مصرف برگ های ریزش شده درختان، استفاده از آنها به عنوان نوعی از مالچ گیاهی در پای بوته های درختان جوان، بستر خاک سبزیجات و گل های مختلف می باشد [۱۵، ۱۶، ۲۰]. همچنین عملیات تولید کود کمپوست یکی دیگر از گزینه های مصرف برگ های ریزش شده و یکی از بخش های حیاتی در استراتژی کاهش و بازیافت زباله در جوامع پیشرفته دنیا می باشد [۵، ۷، ۱۶، ۱۹]. در ایران خصوصاً در قسمت های مرکزی و جنوبی کشور، بعلت کمبود مواد آلی خاک از طرفی و اشکالات موجود جهت تامین مواد آلی مورد نیاز از قبیل کمبود

^۱ استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، arshirneshan@yahoo.com

^۲ استادیار واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی

^۳ استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان

شهر، درختان چنار، نارون، توت، زبان گنجشک و بید می‌باشند که بر همین اساس طراحی قسمت مکنده دستگاه مورد نظر در این تحقیق، بر مبنای برگ‌های ریزش‌شده این درختان صورت گرفت.

یافته است [۱۲, ۱۳, ۱۸].

در ایران، با توجه به ریزش انبوه برگ‌های پاییزی در مکان‌هایی از جمله پارک‌ها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و با توجه به نیاز سازمان‌های فضای سبز و بازیافت مواد به دستگاه‌هایی جهت جمع‌آوری آسان و سریع برگ‌ها و کمک به بازیافت

۲- مواد و روش کار

در طراحی دستگاه مکنده- خردکننده برگ مدنظر در این مقاله، با توجه به اینکه سازگاری دستگاه با شرایط استفاده در منطقه مدنظر می‌باشد و اصل طرح تغییری نمی‌کند و همچنین در طراحی نیاز به طرح‌های ابتکاری قطعات می‌باشد، از روش طراحی اقتباسی برای تمام قسمت‌ها از جمله قسمت مکنده دستگاه که در این مقاله مدنظر می‌باشد، استفاده شده است [۲].

برای طراحی قسمت مکنده دستگاه، نیاز به تعیین سه مشخصه ابعاد کلی دستگاه، مکانیزم مکش برگ‌ها و اجزاء قسمت مکنده دستگاه بود.

ابعاد کلی دستگاه با توجه به نوع استفاده و شرایط استفاده دستگاه و همچنین نظر به ابعاد دستگاه‌های نمونه خارجی بصورت ۱۵۰ سانتیمتر طول، ۷۵ سانتیمتر عرض و ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع مشخص گردید [۸, ۹, ۱۰].

مکانیزم مکش دستگاه با توجه به عملیات مورد انتظار از دستگاه، یعنی جمع‌آوری برگ‌ها از روی سطح چمن پارک و انتقال برگ‌های خردشده به یک کیف جمع‌آوری تعیین گردید.

همچنین اجزای قسمت مکنده دستگاه با توجه به وظایف، خصوصیات و مکانیزم‌های انتخاب شده برای مکش برگ‌ها، بصورت دهانه ورودی، کانال‌ها و لوله‌های عبور جریان هوای مکشی و یک فن مکنده تعیین گردید. شکل ۲ نمای شماتیکی از مکانیزم جمع‌آوری و مکش برگ‌ها و انتقال به یک کیف جمع‌آوری را در دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع چرخ‌دار نشان می‌دهد.

آنها برای تولید کود کمپوست و همچنین عدم تولید ماشین‌ها و تجهیزاتی به طور انبوه در این زمینه در داخل کشور، ضروری است که متناسب با شرایط هر منطقه دستگاه‌هایی طراحی و ساخته شود. دستگاه مکنده- خردکننده برگ یکی از انواع این دستگاه‌ها است.

دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ که معمولاً در گروه ماشین‌ها و تجهیزات باغبانی قرار می‌گیرند، با توجه به نوع نیاز و استفاده از آنها، به چهار دسته کلی دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع دستی^۱، چرخ‌دار^۲، تراکتوری^۳ طبقه‌بندی می‌شوند [۶, ۸, ۱۴]. شکل ۱ تصویر انواع دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ نامبرده شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱. تصویر انواع دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ

توجه به این که دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع چرخ‌دار، مخصوص پارک‌ها و فضای سبز بزرگ می‌باشد، نیاز بود که شرایط این مکان‌ها بررسی گردد که در این تحقیق پارک‌ها و فضاهای سبز اصفهان از لحاظ نوع گیاهان و درختان خزان شونده و برگ‌های ریزش‌شده در فصل پاییز مورد مطالعه قرار گرفت. براساس مطالعه انجام شده، شهر اصفهان دارای فضای سبزی با مساحت ۲۷۰۰ هکتار می‌باشد [۳]، که بر اساس آمار و اطلاعات گرفته شده از سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان، غالب درختان خزندار کاشته شده در فضای سبز این

¹ Hand held leaf vacuum shredder

² Walk behind leaf vacuum shredder

³ Tractor mounted leaf vacuum shredder

۲-۲- انتخاب و طراحی فن مکنده

فن مکنده که در واقع قسمت اصلی بخش مکنده دستگاه محسوب می‌شود، با توجه به طرح در نظر گرفته شده برای مکش برگ‌های ریزش شده و همچنین نظر به اینکه در دستگاه- های خارجی نیز جریان مکشی توسط یک فن سانتریفوژ^۱ تامین می‌گردد، نوع پروانه انتخاب شده برای قسمت مکنده دستگاه، از نوع سانتریفوژ و با توجه به انواع این فن‌ها و نوع کاربرد آنها، یک فن سانتریفوژ با پره‌های شعاعی برای قسمت فن دستگاه مورد بحث در این تحقیق انتخاب گردید [۱۱، ۲۱].

برای طراحی و بدست آوردن ابعاد فن ابتدا نیاز به تعیین ارتفاع معادل فن بود که از برقراری رابطه برنولی بین نقاط ورودی برگ‌ها به دستگاه و خروجی برگ‌ها به کیف جمع‌آوری، با توجه به کم بودن سرعت هوای مکشی- که در ادامه نحوه تعیین آن آورده می‌شود- و غیر قابل تراکم بودن آن، استفاده شد [۴]:

$$H_F = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_m$$

H_F : ارتفاع معادل فن (m)

z_1 و z_2 : ارتفاع نظیر نقاط ورودی و خروجی (m)

p_1 و p_2 : فشار نظیر نقاط ورودی و خروجی (Pa)

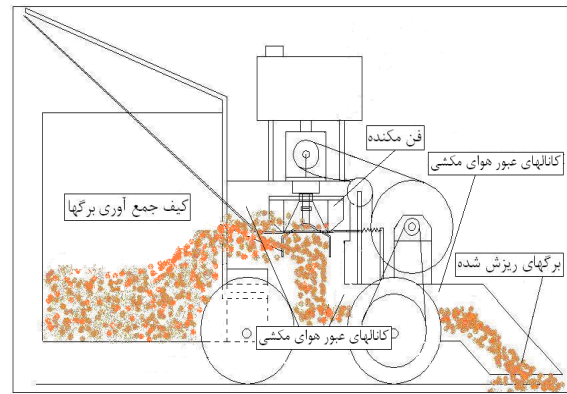
v_1 و v_2 : سرعت نظیر نقاط ورودی و خروجی (ms^{-1})

γ : وزن مخصوص سیال (Nm^{-3})

g : شتاب ثقل (ms^{-2})

h_m : ارتفاع معادل اصطکاک در اتصالات و شیرها (m)

با توجه به روابط تعریف شده در مکانیک سیالات برای بدست آوردن h_m نیاز به بدست آوردن عدد رینولدز^۲ و بالطبع آن نیاز به تعیین مقدار جریان (دبی) هوای مکشی بود که طی انجام یک آزمایش، میزان دبی هوای مورد نیاز برای مکش برگ‌های ریزش شده تخمین زده شد. آزمایش مورد نظر، برای تعیین میزان دبی مورد نیاز برای مکش برگ‌های ریزش شده، از یک جارو برقی دارای چهارکلید انتخاب و دریچه تنظیم سرعت مکشی و یک لوله متصل به لوله جارو برقی (برابر با قطر مقاطع

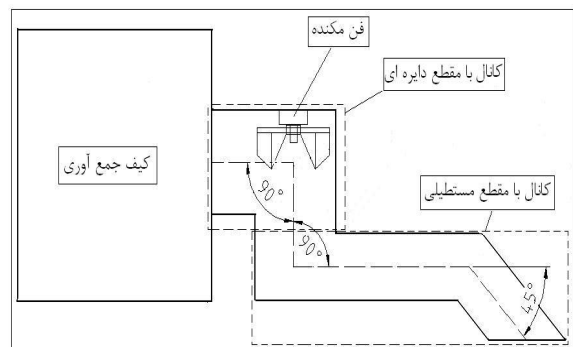


شکل ۲. نمای شماتیکی از مکانیزم جمع‌آوری و مکش برگ‌ها و اجزای قسمت مکنده دستگاه

۲-۱- تعیین ابعاد و اندازه‌های دهانه ورودی، کانال‌ها و

مجاری عبور هوای مکشی

با توجه به طرح دستگاه، قسمت دهانه ورودی و کانال‌های عبور جریان هوای مکشی بصورت یکپارچه و کاملاً بهم پیوسته در نظر گرفته شد. همچنین نظر به این‌که جهت طراحی در خصوص فن مکنده، نیاز به تعیین مشخصات و ابعاد کانال‌ها و عبور هوای مکشی بود، برای آسان‌تر شدن محاسبات، طرح کانال‌ها از ترکیب سه قسمت زانویی مانند در قسمت دهانه ورودی بصورت یک زانویی ۴۵ درجه و در قسمت خروجی بصورت دو زانویی ۹۰ درجه در نظر گرفته شد؛ ضمن آنکه با توجه به نوع دستگاه مکنده- خردکننده برگ، دهانه ورودی و مجاری عبور هوای مکشی بصورت کانال با مقطع مستطیلی شکل و قسمت ورودی به فن مکنده و قسمت خروجی به کیف جمع‌آوری بصورت یک کانال با مقطع دایره‌ای شکل (لوله) در نظر گرفته شد (شکل ۳).



شکل ۳. نمای شماتیکی از قسمت‌های زانویی شکل و مقاطع بخش مکنده دستگاه

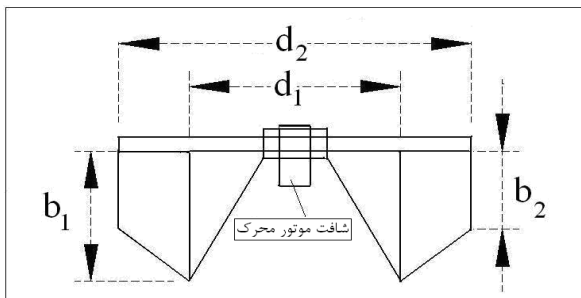
¹ Centrifugal fan

² Reynolds Number

- n : دور چرخشی پروانه فن (rpm)
- b_1 : پهنای کوچک پره پروانه فن (m)
- b_2 : پهنای بزرگ پره پروانه فن (m)
- d_1 : قطر ورودی پره پروانه فن (m)
- d_2 : قطر خروجی پره پروانه فن (m)
- Z : تعداد پره‌های فن



شکل ۴. نمایی از آزمایش و دستگاه بادسنج قرار داده شده در زیر لوله مکش برای ثبت میزان دبی عبوری هوا



شکل ۵. نمای شماتیکی از از پهنای کوچک، پهنای بزرگ، قطر ورودی و قطر خروجی پروانه فن با پره‌های شعاعی

۳- نتایج و بحث

با در نظر گرفتن روابط تبدیل مقطع مستطیلی به دایره‌ای در مکانیک سیالات و ابعاد کلی در نظر گرفته شده برای دستگاه، ابعاد مقاطع کانال‌های مکشی بصورت ۱۵ و ۵۰ سانتیمتر برای طول و عرض مقطع مستطیلی و ۲۳ سانتیمتر برای قطر مقطع دایره‌ای در نظر گرفته شد [۴]. هم‌چنین طول کانال‌های عبور هوای مکشی نیز مطابق با ابعاد زانویی‌های استاندارد، بدست آورده شد [۴]. در شکل ۶ تمامی ابعاد کانال‌های عبور هوای مکشی در دو نمای از کنار و از جلو نشان داده شده است.

کانال‌های عبور هوای مکشی در دستگاه) و یک دستگاه بادسنج دیجیتال استفاده گردید. با توجه به اینکه جذب رطوبت توسط بخشی از برگ‌ها بر روی سطوح چمن پارک‌ها، به علت وجود بارش‌های فصلی و آبیاری چمن‌ها، سبب سنگین شدن برگ‌ها می‌شود، بهمین جهت تعیین میزان دبی هوای مکشی بر اساس مکش برگ‌های خیس در نظر گرفته شد. با توجه به موارد اشاره شده، برای این آزمایش مقداری از برگ‌های کاملاً مرطوب و خیس گونه‌های مختلف (چنار، زبان گنجشک، نارون، توت و بید) با مقدار رطوبت ۳۵ تا ۴۵ درصد وزن خشک برگ‌ها جمع-آوری گردید، سپس با قرار دادن لوله مورد نظر روی برگ‌ها و روشن کردن جارو عملیات مکش آغاز شد؛ با تغییر دادن موقعیت دریچه مکش (باز و بسته کردن دریچه) و عوض کردن کلیدهای سرعت مکشی، تا زمانی که برگ‌ها به راحتی به طرف بالا مکیده و جریان یابند، آزمایش ادامه یافت. این آزمایش سه بار تکرار شد. پس از هر بار آزمایش با ثابت نگه داشتن موقعیت دریچه و کلید سرعت مکش در حالتی که برگ‌ها در آن حالت مکیده می‌شدند، دستگاه بادسنج در زیر کانال لوله‌ای مانند قرار می‌گرفت و میزان دبی نمایش داده شده بر روی صفحه نمایشگر بادسنج، ثبت می‌گردید. شکل ۴ نمایی از آزمایش و جریان یافتن و مکیده شدن برگ‌ها به طرف بالا و دستگاه بادسنج قرار داده شده در زیر لوله مکش برای ثبت میزان دبی عبوری را نشان می‌دهد.

پس از تعیین میزان دبی مورد نیاز برای مکش برگ‌ها، ابعاد و تعداد پره‌های فن، مطابق با روابط زیر تعیین گردید [۱۱، ۲۱]:

$$d_2 = \left(\sqrt{\frac{H_f \times g}{\eta}} \right) \times \left(\frac{60}{\pi \times n} \right)$$

$$b_2 d_2 = b_1 d_1$$

$$\frac{b_1}{d_2} = 0.4, \frac{d_1}{d_2} = 0.6$$

$$Z = \frac{8.5}{1 - \frac{d_1}{d_2}}$$

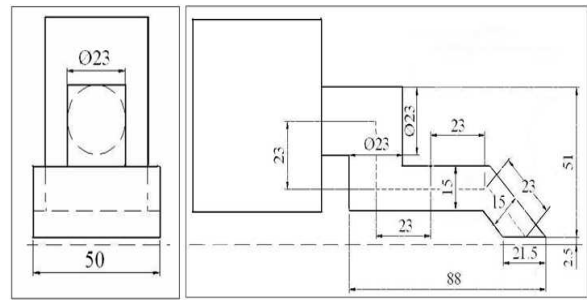
d_2 : قطر خروجی پروانه فن (m)

H_f : ارتفاع معادل پروانه فن (m)

g : شتاب ثقل (ms^{-2})

η : بازده فن

همچنین مقدار دبی هوای مکشی برآورد شده در هر بار آزمایش، در جدول ۱ نشان داده شده است که بیشترین میزان دبی هوای اندازه گیری شده (۱۰۳۵ فوت مکعب بر دقیقه) مربوط به مکش برگ توت، به عنوان میزان دبی هوای مکشی برگها در طراحی در نظر گرفته شد.



شکل ۶. ابعاد کانالهای عبور هوای مکشی (ابعاد به سانتیمتر)

جدول ۱. میزان دبی هوای اندازه گیری شده در سه بار آزمایش

شماره تکرار آزمایش	میزان دبی هوای اندازه گیری شده برای مکش برگها (فوت مکعب بر دقیقه)				
	چنار	بید	زبان گنجشک	نارون	توت
۱	۶۹۰	۳۲۰	۳۵۵	۵۵۰	۹۶۰
۲	۸۲۰	۳۸۵	۳۴۵	۵۳۵	۱۰۳۵
۳	۸۷۵	۳۴۰	۲۹۰	۶۴۰	۸۵۰

دسترسی آسان و استفاده متداول از فولادهای St37 و St44 در صنایع ماشین سازی در داخل کشور، برای تولید کانال و اجزای فنهای مکنده و دمنده، می توان از این نوع فولادها بصورت ورق و لوله، برای ساخت قسمت مکنده دستگاه استفاده کرد.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به سادگی مکانیزم و اجزاء در نظر گرفته شده در طراحی قسمت مکنده دستگاه - خردکننده برگ مورد نظر در این تحقیق و دسترسی راحت به مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت و امکان ساخت و تولید آن در داخل کشور، این نتیجه حاصل می گردد که در صورت ساخت که در صورت ساخت دستگاه، بسیاری از مسائل و مشکلات مربوط به عملیات جمع-آوری برگهای پاییزی و سایر بقایای طبیعی و مدیریت بقایا، برای سازمانها و ارگانهایی که عهده دار این کار هستند، مرتفع خواهد شد که بالطبع آن بسیاری از هزینه های اضافی نیز حذف خواهد شد؛ که از جمله این موارد می توان به تسریع در عملیات جمع آوری برگها، کاهش استفاده از نیروی انسانی در خصوص جمع آوری بقایا و ... اشاره کرد.

در رابطه با قسمت مکنده دستگاه می توان، استفاده از مکانیزمهایی برای تغییر میزان مکش فن مکنده و یا ارتفاع

با توجه به آزمایش و محاسبات صورت گرفته و در نظر گرفتن یک ضریب ایمنی ۲ برای فنهای سانتریفوژ با پره های شعاعی، ارتفاع معادل فن به مقدار ۴۲.۲ متر محاسبه گردید [۱۱]. سپس براساس ارتفاع معادل فن بدست آمده و روابط مربوط به فنهای سانتریفوژ و همچنین در نظر گرفتن سرعت دورانی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه برای پروانه فن، با توجه به سرعت دورانی موتورهای محرک موجود در بازار، و بازده ۴۰٪ برای فن، ابعاد و تعداد پره های فن مطابق با محاسبات زیر تعیین گردید:

$$d_2 = \left(\sqrt{\frac{42.2 \times 9.81}{0.4}} \right) \times \left(\frac{60}{\pi \times 3000} \right) = 0.2048 \text{ m} \approx 20.5 \text{ Cm}$$

$$d_1 = 0.6 \times 20.5 = 12.3 \text{ Cm}$$

$$b_1 = 0.4 \times 20.5 = 8.2 \text{ Cm}$$

$$b_2 = 8.2 \times 0.6 = 4.92 \approx 5 \text{ Cm}$$

$$Z = \frac{8.5}{1 - 0.6} = 21.25 \approx 22$$

همچنین از جمله مورد مطرح در خصوص طراحی قسمت مکنده دستگاه، نوع و جنس ماده خام برای کانالهای عبور هوای مکشی و پره های فن مکنده بود که با توجه به کیفیت، استحکام،

فصلنامه فرایندهای نوین در ساخت و تولید- سال دوم- شماره دوم- تابستان ۱۳۹۲

قسمت دهانه ورودی (محل ورود برگ‌ها به دستگاه) نسبت به سطح زمین را پیشنهاد کرد.

۵. مراجع

- [۱] اشراقی، ا، تهیه و مصرف کودکمپوست در کشاورزی، تهران، انتشارات موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۲
- [۲] امیر فضلی، ع، علم طراحی در مهندسی، تهران، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰.
- [۳] باقرصاد، م، آلودگی هوای اصفهان، روزنامه اعتماد، شماره ۱۱۳۲، ۱۳۸۵.
- [۴] پوستی، ب، مقدمه‌ای بر مکانیک سیالات، ویرایش ششم، تهران، انتشارات کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۶.
- [5] Anonymous, A green guide to yard care, Small Business and Environmental Assistance Division, Texas Commission on Environmental Quality, Austin, and PP. 2-5, 2006.
- [6] Anonymous, Lawn and tractor collection system catalogue, John Deere Company, USA, <http://www.johndeere.com>, 2008.
- [7] Anonymous, Leaf and yard Waste composting Guidance Document, Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Prevention, PP. 1-29, 2002.
- [8] Anonymous, Self-propelled chipper shredder vacuum catalogue, USA, Troy-Bilt Company, <http://www.troybilt.com>, 2008.
- [9] Anonymous, Self-propelled vacuum chipper shredder owner's manual, USA, Billy Goat Company, <http://www.billygoat.com>, 2007.
- [10] Anonymous, Shredder-blower-vac catalogue, USA, Patriot Company, <http://www.patriot.com>, 2005.
- [11] Bleier, F.P., Fan handbook, New York, McGraw-Hill Publishing Company, 1998.
- [12] Bold, A. J., S. E. Kodesch and W. F. Sheehan. Combination chipper/shredder and vacuum apparatus for lawns and gardens, US Patent Office, Patent No. 5, 381, 970, 1995.
- [13] Ford, S. N., Combination chipper and shredder apparatus and lawn vacuum machine. US Patent Office, Patent No.5, 340,035, 1994.
- [14]. Hammett, J. D. and R. W. Trevino. Portable lawn and garden mulching vacuum. US Patent Office, Patent No.5, 794,864, 1998.
- [15] Leholm, A., Mulching tree leaves into lawns, Department of Horticulture, Michigan State University, E. Lansing, MI 48824, PP. 1-2, 1998.
- [16] McLaurin, W. J. and G. L. Wade. Composting and mulching, College of Agricultural and Environmental Sciences, University of Georgia, Circular 816, PP. 1-8, 2000.
- [17] Mills, D. Pneumatic conveying design guide, London, Butterworths Publishing Company, 1989.
- [18] Ruhl, W. F., A.W. Nelson and J.J. Lucy. 1976. System for handling debris. US Patent Office, Patent No.3, 968,938, 1976.
- [19] Somerlot, K. Composting autumn leaves, Cornell Cooperative Extension of Onondaga County, 2005.
- [20] Williams, D. J. Leaf disposal, Cooperative Extension Service, Department of Natural Resources and Environmental Sciences, College of Agricultural, University of Illinois at Urbana-Champaign, NRES-18, PP. 1-3, 2005.
- [21] Yaha, S. M. Turbines compressors and fans, Second Edition, New Delhi, McGraw-Hill Publishing, 2003.

