

# تکنولوژی INVELOX

تهیه کننده: سامان رامین

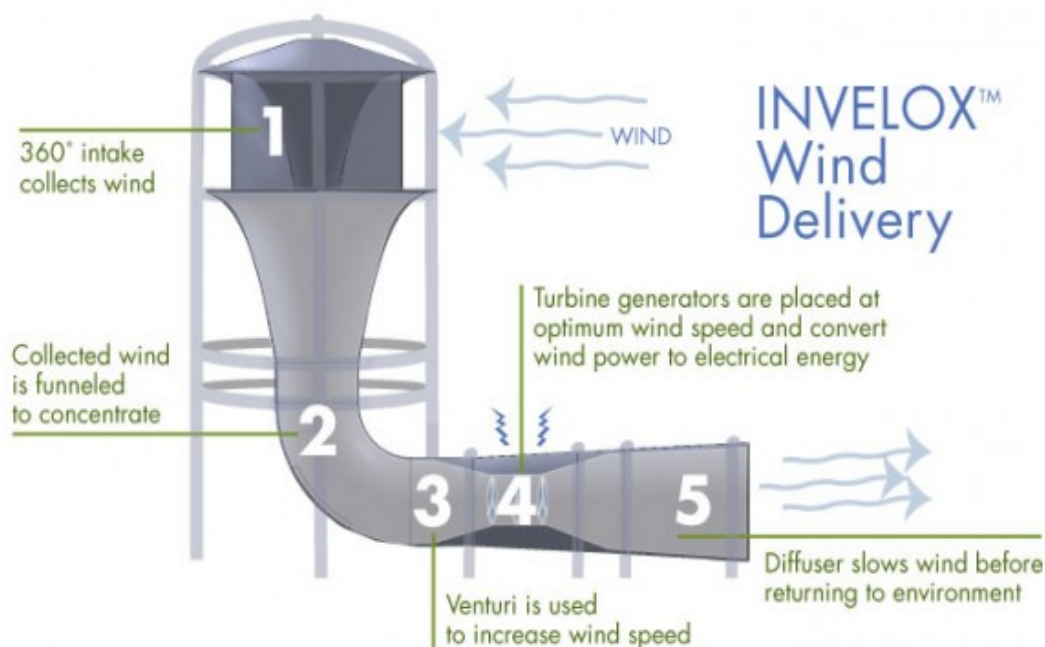
SBU انرژی

• **تکنولوژی INVELOX**

تکنولوژی INVELOX توسط شرکت SheerWind (تأسیس شده در سال ۲۰۱۰) معرفی و با الهام از ساختار بادگیرهای ایرانی و طراحی سازه‌ای جهت جمع‌آوری و هدایت جریان باد به مجموعه روتور و ژنراتور که بر روی زمین مستقر می‌باشند، در تولید شکل جدیدی از توربین‌های بادی، به صنعت باد جهان معرفی گردید.

• **طریقه کار توربین INVELOX**

- ۱- با توجه به شکل خاص توربین، باد از تمامی جهات توربین قابلیت استحصال می‌باشد.
- ۲- باد از ورودی‌های بالایی، در سازه قیف مانند توربین وارد شده و به پایین توربین هدایت می‌شود.
- ۳- باد در بخش ونچوری توربین متمرکز شده و افزایش سرعت پیدا میکند. این افزایش سرعت بدلیل عبور سیال از یک سطح مقطع باریکتر در طول مسیر می‌باشد که سبب کاهش فشار سیال و افزایش همزمان سرعت آن می‌گردد.
- ۴- جریان باد در بخش پایینی سازه و پس از گذر از ونچوری، از روتور عبور کرده و باعث چرخش آن و شفت ژنراتور متصل به آن می‌گردد.
- ۵- جریان باد، نهایتاً از خروجی پایینی سازه به محیط منتقل می‌گردد.



شکل ۱- شماتیک نحوه کارکرد توربین INVELOX

• **مزایای توربین INVELOX**

- ۱- استقرار تجهیزات تولید نیرو (روتور و ژنراتور) در سطح زمین
- ۲- توانایی جذب باد در زوایای مختلف بدون نیاز به چرخش توربین برای همراستایی با جهت وزش باد

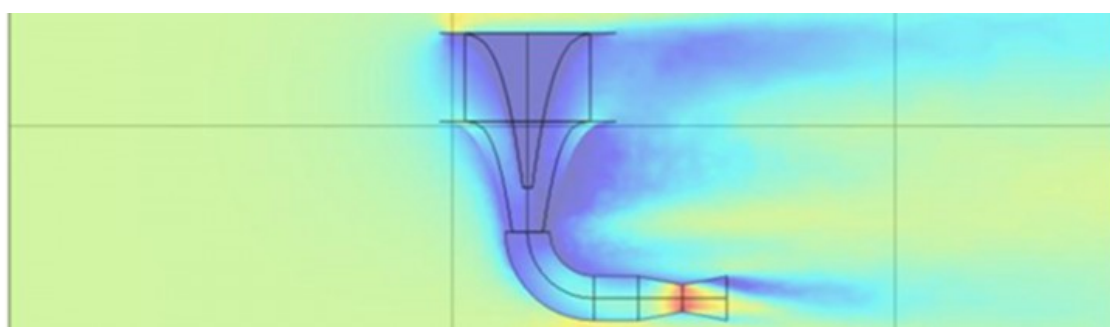
۳- توانایی تولید توان در سرعت‌های باد پایین‌تر و همچنین بالاتر از محدوده تولید توربین‌های معمول

۴- توانایی تولید توان مشابه با استفاده از قطر روتور کمتر نسبت به توربین‌های معمول

۵- ایجاد میزان آلودگی صوتی و بصری کمتر نسبت به توربین‌های بادی معمول

• خصوصیات فناوری INVELOX:






فناوری INVELOX توسط جمعی از طراحان شرکت SheerWind و با استفاده از ساخت نمونه‌های مختلف و شبیه‌سازی کامپیوتری رفتار سیال (CFD) بوجود آمده و در مراحل بعدی با ساخت نمونه‌های با مقیاس‌های بزرگتر بهینه‌سازی گردیده است.



شکل ۲- نمایی از نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری رفتار باد در سازه توربین INVELOX

با در نظر گرفتن شرایط کارکرد یک توربین مقیاس تجاری تولیدی INVELOX با نمونه توربین‌های معمول، موارد ذیل قابل حصول می‌باشد:

- میزان انرژی تولیدی ۶۰٪ بیش از توربین‌های سه‌پره‌ای محور افقی می‌باشد.
- توربین توانایی تولید انرژی در سرعت‌های باد بسیار کم بطور مثال ۰/۵ متر بر ثانیه را دارا می‌باشد.
- هزینه نصب توربین به میزان \$۷۵۰ برای هر کیلووات کاهش یافته است.

APPLICATION	PRODUCT	COST	
<b>Commercial Buildings</b> Output: 10 – 200 KW	INVELOX Ci (Construction Integration)	\$5 to \$15 per Watt	
<b>Community Wind</b> Output: 50 – 500 KW	INVELOX Simba Tower	\$2 to \$10 per Watt	
<b>Emergency/Mobile</b> Military, FEMA, Homeland Security Output: 500 – 5000 W	INVELOX Rx (Rapid Deployable)	\$10 to \$20 per Watt	
<b>Retrofitting Structures</b> Silos, Smokestacks, Wind Towers Output: Structure size dependent	INVELOX Re Tower (Existing Structure)	\$0.5 to \$2 per Watt	
<b>Utility Scale Wind</b> Output: 1.0- 25.0 MW	INVELOX Leo Tower	\$0.75 to \$1.5 per Watt	

شکل ۳- ظرفیت توربین‌های تولید شده (و قابل تولید) شرکت SheerWind

• پروژه‌های اجرا شده:

تا فوریه سال ۲۰۱۵، شرکت SheerWind جمعاً با ۱۰ خریدار قرارداد امضا کرده و جمع ظرفیت نصب شده توربین‌هایش نیز به ۱۴ مگاوات رسیده است (ظرفیت پروژه‌ها از ۲۰۰ کیلووات تا ۵ مگاوات).



**TECHNOLOGY:**

- SheerWind's innovative wind delivery system, INVELOX
- Utilizes state of the art and commercially available turbines, generators, and control box
- No noise, optical flickering, no radar cross section, minimum or no negative impact to wildlife, no negative influence on human health
- Omnidirectional intake with no yaw system required
- Auto wind speed control
- ABB power inverter
- Remote performance monitoring (optional)

**APPLICATIONS:**

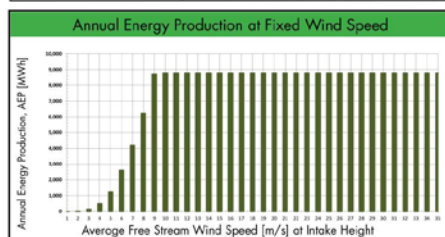
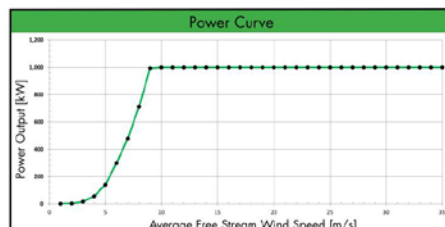
- Wind power plants • Mining operations
- Data centers • Small cities
- Industrial parks • Industrial plants

**PERFORMANCE:**

- Power Capacity of Tower: 1,000 kW at 27 mph (12 m/s)
- Peak Power Capacity: 1,900 kW
- AEP (Annual Energy Production): 8,760 MWh @ 27 mph (12 m/s)
- Speed Ratio: 6.5
- Cut-in Wind Speed: 2 mph (1 m/s)
- Cut-out Wind Speed: None
- Furling Wind Speed: None
- Maximum Design Wind Speed: 157 mph (70 m/s)
- Nominal Rotor Speed: 0 – 3,000 rpm

**ELECTRICAL & MECHANICAL:**

- Type: 3-blade upwind, horizontal axis
- Rotor Diameter: 13 ft (4 m)
- Gearbox: None
- Over Speed Protection: Speed control, limit to 15m/s
- Temperature Range: -40 to 140 F (-40 to 60 C)
- Tower:
  - Fixed on Foundation
  - Height (Center of Intake to Ground): 164 ft (50 m)
  - Total Height (Top of Intake to Ground): 187 ft (57 m)
  - Intake Diameter: 233 ft (71 m)
  - Ground length: 135 ft (41 m)
  - Intake Type: Omnidirectional
- Generator: 1,000kW Permanent Magnet
- Inverter: Outdoor rated
- No of Turbine-Generator Sets: 1
- Remote Monitoring (Optional): via internet and smart phone



143 Jonathan Blvd North  
Chaska, MN 55318

952 556 0173  
SheerWind.com



شکل ۴- مشخصات فنی توربین ۱ مگاواتی INVELOX

• ابهامات موجود در زمینه تکنولوژی ارائه شده از سوی شرکت SheerWind:

کلیه موارد ذکر شده فوق‌الذکر از سایت شرکت SheerWind استخراج گردیده است؛ در رابطه با صحت موارد ادعایی مذکور، ابهاماتی بشرح ذیل متصور می‌باشد:

- ۱- شرکت مزبور تاکنون گواهینامه‌ای معتبر (صادر از سوی شرکت‌های ذیصلاح مرتبط همچون GL یا TUV)، جهت اثبات موارد فنی ذکر شده در رابطه با تکنولوژی و توربین‌های تولیدی خود اخذ ننموده است.
- ۲- تنها مدرک فنی مرتبط با تکنولوژی INVELOX، مربوط می‌شود به مقاله‌ای که آقایان دکتر علایی و دکتر آندریپولوس (*Dr. Allaei and Dr. Andreopoulos*) در رابطه با مزایای تکنولوژی فوق تدوین نموده‌اند. ساختار مقاله مزبور بر مبنای انجام مطالعه CFD بر روی مدل و ساختار توربین بوده لیکن نتایج مطالعات و مقایسه میدانی انجام شده بر روی یک مدل توربین واقعی نیز در مقاله گنجانده شده است.
- ۳- در رابطه با مقاله فوق موارد ذیل قابل لحاظ می‌باشد:
  - الف- برای انجام مقایسه، شرکت SheerWind از نصب یک مدل توربین Sunforce ۶۰۰ کیلوواتی در داخل سازه INVELOX و همچنین نصب مجدد آن بر روی یک دکل در فضای باز و مقایسه میزان انرژی تولیدی در این دو حالت، استفاده نموده است.
  - ب- با توجه به اینکه میزان مساحت جارو شده در ساختار INVELOX بسیار بیشتر از میزان مساحت جارو شده در حالت نصب بر روی دکل معمولی می‌باشد (۷۳ متر مربع در توربین INVELOX نسبت به حدود ۳ متر مربع در توربین معمولی، اختلاف حدود ۲۸ برابری)، عملاً مقایسه میزان انرژی تولیدی این دو حالت با یکدیگر (بند الف) از لحاظ فنی موضوعیت ندارد، چرا که در هر توربین افزایش مساحت جارو شده با افزایش میزان انرژی تولیدی رابطه مستقیم دارد.
  - ج- در همین رابطه بر طبق مشخصات ذکر شده در مقاله، ارتفاع سازه بادگیر مدل INVELOX در تست مذکور ۱۸ متر بوده در حالیکه ارتفاع هاب در نمونه مقایسه‌ای دارای دکل ۱۰ متر می‌باشد. از آنجاییکه سرعت باد با توان سه در محاسبات میزان انرژی تولیدی توربین اثرگذار می‌باشد و با افزایش میزان ارتفاع نیز بر سرعت باد افزوده می‌شود، انجام تست مقایسه‌ای مزبور در این حالت نیز از نظر فنی موضوعیت نخواهد داشت.
  - د- شرکت مزبور ادعا می‌نماید که میزان انرژی تولیدی سالیانه توربین‌هایش ۶۰۰٪ بیش از توربین‌های معمول می‌باشد. موارد ذیل در رابطه با این ادعا قابل لحاظ می‌باشد:
    - ه- مقاله مزبور نشان می‌دهد که میزان تولید توربین INVELOX بین ۸۰ تا ۵۶۰٪ ظرف ۸ روز تست تغییر می‌کند. لذا میزان میانگین این افزایش تولید برابر با ۳۱۴٪ می‌باشد که با میزان ۶۰۰٪ ادعایی تناسبی ندارد. این بدین معنی است که توربین شرکت مزبور با توجه به مقاله فوق‌الذکر، بطور میانگین تنها سه برابر بیشتر از یک توربین عادی تولید انرژی خواهد داشت؛ لیکن این عدد نیز صحیح نمی‌باشد چرا که با توجه به میزان مساحت جارو شده ۲۸ برابری، مشخص می‌گردد که توربین مزبور ۹ برابر کمتر از یک توربین سه پره معمولی با میزان مساحت جارو شده باد برابر، انرژی تولید می‌نماید. در این میان اگر فاکتور ارتفاع را نیز در شرایط فنی برابر، در هر دو نمونه آزمایشی مساوی در نظر بگیریم، به میزان تولیدی حدود ۱۸ برابر کمتر از یک توربین سه پره محور افقی خواهیم رسید.
    - و- ادعای کم هزینه بودن سازه اجرایی توربین INVELOX با توجه به اینکه ارتفاع سازه در مشخصات فنی توربین ۱ مگاواتی این شرکت ۵۷ متر و در توربین ۵ مگاواتی ۱۲۴ متر می‌باشد، ادعای صحیحی بنظر نمی‌رسد، چراکه سازه مورد نیاز جهت مهار تونل انتقال باد در این ارتفاع، می‌بایست از استحکام بسیار بالا و فونداسیون

خاصی برخوردار باشد تا توان مقابله با وزش باد در ارتفاعات بالا و خنثی‌سازی نیروهای واژگونی وارده بر سازه را داشته باشد. این مهم هم هزینه نصب و هم مدت زمان اجرای سازه بادگیر را افزایش خواهد داد.

ز- توربین‌های سه پره معمولی با تغییر زاویه Pitch پره‌ها، در برابر سرعت‌های بالای باد مقاومت می‌نمایند، این در حالیست که در توربین INVELOX چنین امکانی وجود نداشته و سازه بادگیر مزبور می‌بایست بقدری مقاوم طراحی گردد که در برابر سرعت‌های بالای باد و همچنین طوفانهای لحظه‌ای مقاومت نماید.

ح- در این میان شبیه‌سازی رفتار توربین بر مبنای مطالعات CFD نیز هیچگاه نشان‌دهنده شرایط واقعی نبوده و جایگزین رفتار توربین در شرایط واقعی نخواهد بود. دقیقاً بهمین دلیل است که شرکت‌های صادر کننده گواهینامه برای توربین‌های بادی، صرفاً گواهینامه‌های خود را پس از انجام تست‌ها و کنترل‌ها در طول حداقل یکسال، بر روی یک نمونه واقعی از توربین تولید شده انجام داده و پس از بررسی نتایج تولید انرژی با منحنی تولید توان ادعایی شرکت سازنده، گواهینامه‌های مربوطه صادر می‌گردد.

ط- برخی اشکالات وارده بر مطالعات CFD مورد اشاره در مقاله مزبور عبارتند از:

- تدقیق مطالعات، نیازمند لحاظ‌شدن ریزتری می‌باشد.

- جریان ثابت و بدون توربولانس جریان سیال (باد) ورودی به سازه، نشانگر غیر واقعی بودن شرایط شبیه‌سازی می‌باشد، چرا که ماهیت وزش باد به هیچ عنوان و در هیچ شرایطی ثابت نمی‌باشد.

- شبیه‌سازی انجام پذیرفته بدون لحاظ وجود توربین (مجموعه روتور و ژنراتور) در داخل سازه انجام پذیرفته که مسلماً نتایج بدست آمده بدین صورت قابل وثوق نخواهد بود.

### • نتیجه‌گیری:

استفاده از یک سازه با هدف جهت‌دهی به جریان باد وارده به روتور و یا استفاده از تکنولوژی‌ها و طرح‌های جدید آزمایشی دیگر، از ۳۵ سال پیش و در نمونه‌های پایلوت بسیاری همچون Vortec، Next-Gen Wind، TurboDynamX، Enflo، Enco، Ring Turbine، Smart Wind، Wind Cube، WindTammer، Sky Wolf، Elena، Catching Wind Power، OptiWind و ... معرفی گردیده و همواره سعی گردیده است تا توانایی بیشتر این نمونه توربین‌های تولیدی جدید، بر توربین سه پره محور افقی اثبات گردد، لیکن تاکنون هیچیک از شرکت‌های دست‌اندر کار مذکور، جهت معرفی یک توربین تجاری جهت نصب در مزارع بادی تجاری امروزی، توفیقی نداشته‌اند.

با توجه به موارد فوق‌الذکر فوق‌مشخص می‌گردد که در حال حاضر، مدارک قابل استنادی که بر مبنای آزمایشات قابل وثوق و واقعیت‌های فنی تهیه شده باشند، در رابطه با ادعاهای انجام پذیرفته از سوی شرکت SheerWind و تکنولوژی INVELOX انجام پذیرفته یا نتایج آن در اختیار عموم قرار ندارد که این مهم می‌بایست از سوی سرمایه‌گذاران انرژی باد، مورد توجه جدی قرار گیرد.

• در تهیه موارد فوق‌الذکر از مقاله<sup>۱</sup> آقای Mike Barnard در رابطه با شرایط فنی توربین‌های INVELOX استفاده گردیده است. ایشان داور مقالات دانشگاهی و غیر دانشگاهی فنی مرتبط با انرژی باد و نویسنده ارشد چند سایت معتبر در زمینه انرژی‌های باد می‌باشند.

<sup>1</sup> "Sheerwind Invelox: All Hype, No Substance",

