

Geluid van windmolens: wat betekent de geluidsnorm?

1 Inleiding

In Nederland geldt voor het toegestane windmolengeluid de norm $L_{den} = 47$ dB/ $L_{night} = 41$ dB.¹ Dat betekent dat er twee eisen zijn:

1. Het jaar-**nachtgemiddelde** geluid aan de gevel van een huis mag maximaal **$L_{night} = 41$ dB** zijn.
2. Het (gecorrigeerd) **jaar-etmaalgemiddelde** geluid aan de gevel van een huis mag maximaal **$L_{den} = 47$ dB** zijn.

Deze norm is best streng: $L_{night} = 41$ dB komt overeen met het geluid "stille bibliotheek". Verder is dit het geluid buiten aan de gevel, binnenshuis is het niveau nog eens 10-20 dB minder.

Soms worden zorgen geuit over het feit dat er gemiddelden gebruikt worden in de norm: misschien zou het piekgeluid veel hoger kunnen zijn, en zou je pas na een jaar handhavend kunnen optreden omdat het gemiddelde natuurlijk niet eerder bekend is. Gelukkig is dat niet zo. Dat komt omdat het geluid van een windmolen ongeveer constant is (het kan niet plotseling 10 of 20 dB meer zijn), en omdat de RUD gedurende het jaar kan bijhouden hoeveel geluid er cumulatief is geweest en eerder kan interveniëren.

2 Meten en rekenen

Een vraag die vaak gesteld wordt is: "Waarom kun je niet gewoon continu meten?". Meten blijkt heel lastig aan de gevel: de molen heeft wind nodig om te draaien, en als het waait is er omgevingsgeluid dat het windmolengeluid maskeert. Daarom wordt de volgende methode gebruikt: de bronsterkte van het molengeluid wordt gemeten op korte afstand van de molen bij lage windsnelheid. Daarna kun je het geluidsniveau overal berekenen, en dat is verrassend nauwkeurig: het geluidsprogramma Nord2000² bijvoorbeeld voorspelt met een onnauwkeurigheid van ca. +/- 1 dB.

3 L_{den} en L_{night}

L_{night} is het echte geluidsniveau aan de gevel 's nachts, gemiddeld over alle 365 nachten per jaar (23-7 uur).

L_{den} is het geluidsniveau aan de gevel, gemiddeld over de dag, de avond en de nacht samen (day-evening-night). Echter L_{den} bevat 'strafgeluid' omdat geluid hinderlijker is als het in de omgeving stil is.

- Overdag (7-19 uur): geen straf
- 's Avonds (19-23 uur): + 5 dB straf
- 's Nachts (23-7 uur): + 10 dB straf

Als een windmolen het hele etmaal op dezelfde manier draait, is uit te rekenen dat geldt (zie appendix):

$$L_{den} = L_{night} + 6.4 \text{ dB}$$

Beide normen $L_{den} = 47$ dB en $L_{night} = 41$ dB zijn dus equivalent voor geluidsbronnen die onafhankelijk van het tijdstip hetzelfde doen, zoals windmolens.

¹ Overal geldt dat dB(A) gebruikt wordt (geluidsniveau gecorrigeerd voor menselijk gehoor).

² Bo Søndergaard, Validation of the Nord2000 propagation model for use on wind turbine noise, PSO-07 F&U project no. 7389, October 2009.

4 Vuistregel: hoe hoog kan het maximale niveau zijn?

Geluid hangt af van de draaisnelheid van de wieken. Een molen kan daarom nooit meer geluid produceren dan optreedt bij het maximum toerental. Omdat $L_{night} = 41$ dB een gemiddelde is, zal het maximale niveau L_{max} dat kan optreden op de gevel (wanneer de molen met maximumsnelheid draait) hoger zijn dan 41 dB. Immers het gemiddelde moet op 41 dB uitkomen.

De Vestas V150/6MW bereikt het maximum toerental bij ca. 9 m/s windsnelheid (windkracht 4 op ashoogte – zie LBP-rapport), en de kans dat de windsnelheid kleiner dan of gelijk is aan 9 m/s is ongeveer 50%. We nemen als ergste scenario aan dat er helemaal geen geluid is beneden 9 m/s en altijd maximaal geluid boven 9 m/s (omdat het bij geluid gaat om logaritmische optelling is deze benadering vrij goed). Wat mag het maximumgeluidsniveau dan zijn?

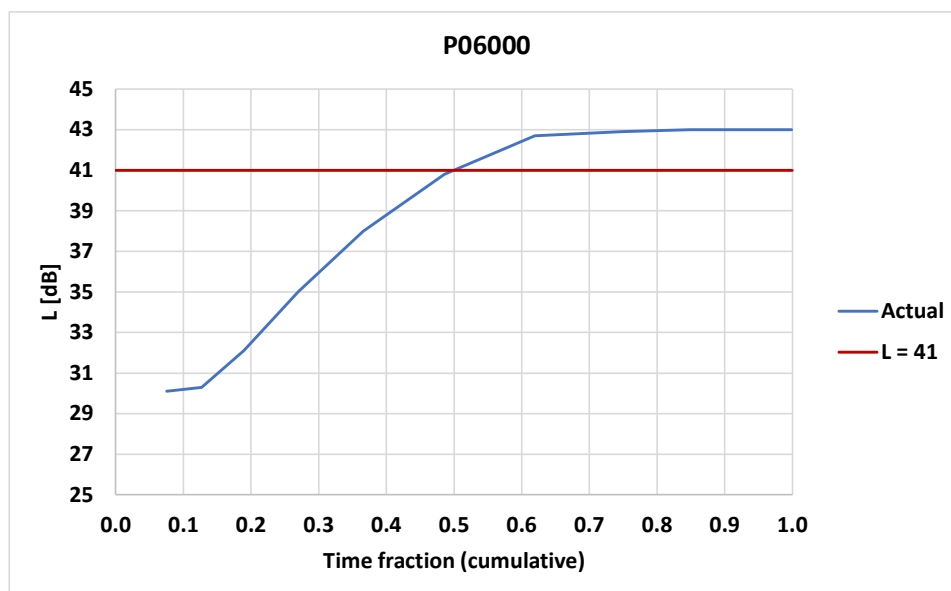
We kunnen dan berekenen dat (zie appendix)

$$L_{night,max} = L_{nigh,avg} + 3 = 41 + 3 = 44 \text{ dB}$$

Het maximale niveau *kan dus in ieder geval nooit hoger zijn dan 44 dB*. Een verschil van 3 dB is ongeveer het kleinste dat een mens kan waarnemen.

5 Precieze berekeningen (zie LBP-rapport³)

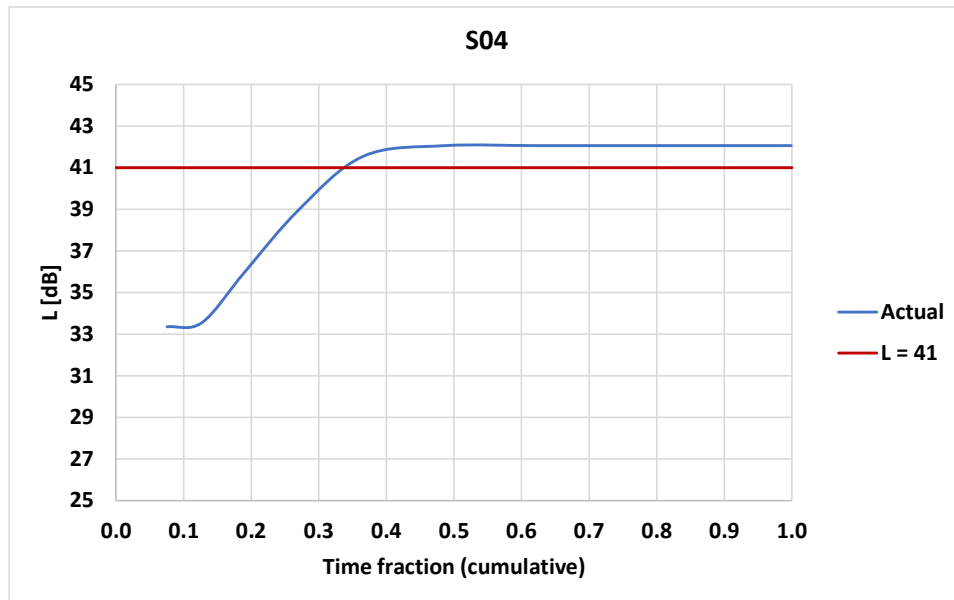
We kunnen ook een precieze berekening doen met de bronsterkte van de Vestas V150/6MW en de windsnelheidsverdeling van Goyerbrug. Zonder geluidsreducerende maatregelen (langzamer draaien) is de maximale bronsterkte van de molen $L_w = 104.9$ dB, en de gemiddelde bronsterkte 's nachts $L_w = 102.9$ dB (ik neem de gemiddelde bronsterkte uit het LBP-rapport (p9), maar de berekening is eenvoudig te controleren). Deze twee getallen geven direct het antwoord. De *gemiddelde* bronsterkte moet overeenkomen met de *gemiddelde* geluidsterkte $L_{night} = 41$ dB op de dichtstbijzijnde woning, en het maximum is 2 dB hoger, dus daarmee 43 dB aan de gevel (zie figuur 1).



Figuur 1 Geluid dat 's nachts zou optreden als $L_{night} = 41$ dB (zonder geluidsreductie)

³ LBP Sight, Notitie over Windpark Goyerbrug, versie 03_001, kenmerk V068362ab.22HEYSM.sbl, 12 december 2022.

In figuur 1 is te zien wat $L_{\text{night}} = 41$ dB betekent in tijdsduur van een bepaalde geluidsbelasting. Bijvoorbeeld blijkt dat ongeveer 50% van de tijd het geluid minder is dan 41 dB, en 40% van de tijd minder dan 39 dB. Ongeveer 10% van de tijd is er (bijna) geen geluid. Het hoogste niveau is 43 dB.



Figuur 2 Geluid dat 's nachts optreedt op de gevel als $L_{\text{night}} = 41$ dB (Modus S04)

In werkelijkheid is de situatie nog gunstiger, omdat de molen gebruik maakt van geluidsreductie. Met langzamer draaien om minder geluid te maken wordt het verschil tussen gemiddelde en maximum kleiner. Bijvoorbeeld voor geluidsmodus S04 wordt de maximale bronsterkte $L_w = 100$ dB en de gemiddelde bronsterkte 99 dB. Met andere woorden op de gevel treedt maximaal $41 + 1 = 42$ dB op (zie figuur 2).

6 Conclusie

Door de aard van windmolengeluid (vrij constant) en de manier waarop geluid optelt (logaritmisch) kan het maximum geluidsniveau nooit ver boven het gemiddelde geluidsniveau liggen. Een vereenvoudigde, conservatieve berekening geeft een maximaal geluid van 44 dB (verschil 3 dB). Ongeveer de helft van de tijd zit het geluid onder, en de helft van de tijd boven het gemiddelde van 41 dB.

Een exacte berekening levert op dat het nachtniveau maximaal 43 dB is zonder geluidsreducerende maatregelen en maximaal 42 dB met geluidsmodus S04.

Disclaimer

Berekeningen in dit stuk zijn indicatief. Aan de resultaten kunnen geen rechten worden ontleend. De berekening is zorgvuldig gecontroleerd, maar de auteur aanvaardt geen aansprakelijkheid voor (gevolgen van) eventuele fouten.

Dick Veldkamp, 2022.01.08 v2

Appendix: Berekeningen

Het daggemiddelde met straffen L_{den} wordt als volgt berekend:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12P_{day} + 4P_{evng+5} + 8P_{night+10}}{24} \right)$$

Stel dat het echte geluidsniveau altijd gelijk is aan L en het geluidsvermogen altijd P , dan geldt:

$$P_{day} = P = 10^{L/10} \quad P_{evng+5} = 10^{(L+5)/10} = 3.16P \quad P_{night+10} = 10^{(L+10)/10} = 10P$$

En voor L_{den} :

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12P + 4 \cdot (3.16P) + 8 \cdot (10P)}{24} \right) = 10 \log(4.36P) = 10 \log P + 10 \log 4.36 = L_{night} + 6.4$$

De berekening van het nachtgemiddelde (bij 50% van de tijd volbedrijf en 50% geen geluid) verloopt op dezelfde manier:

$$\begin{aligned} L_{avg} = 41 &= 10 \log(0.5P_{max} + 0.5P_{min}) = 10 \log(0.5P_{max} + 0.5 \cdot 0) = 10 \log(0.5P_{max}) \\ &= 10 \log(P_{max}) + 10 \log(0.5) = L_{max} - 3 \end{aligned}$$

Oftewel:

$$L_{max} = L_{avg} + 3$$