قسم علوم الجو / المرحلة الثالثة

٢٠١٩/٢٠٢٠

المصدر : كتاب تجارب عملية في الرصد والتحليل والتنبوء الجوي

تاليف

أ.د. منعم حكيم خلف م.د. سناء عباس

تدريس المادة

م.زهراء صلاح م.م .هديل جليل م.م.شيماء عودة

تجربة (٧)

رسم منحني الهودوكراف لحساب سرعة واتجاه الرياح الحراريةVT

(القص العمودي للرياح)

الهدف من التجربة: وصف كيفية تركيب الهدوكَراف باستخدام مخطط الدوائر المتحدة المركز (مخطط مركزي أو محوري) ومن ثم التنبؤ عن سرعة واتجاه الرياح الحرارية عمودياً .

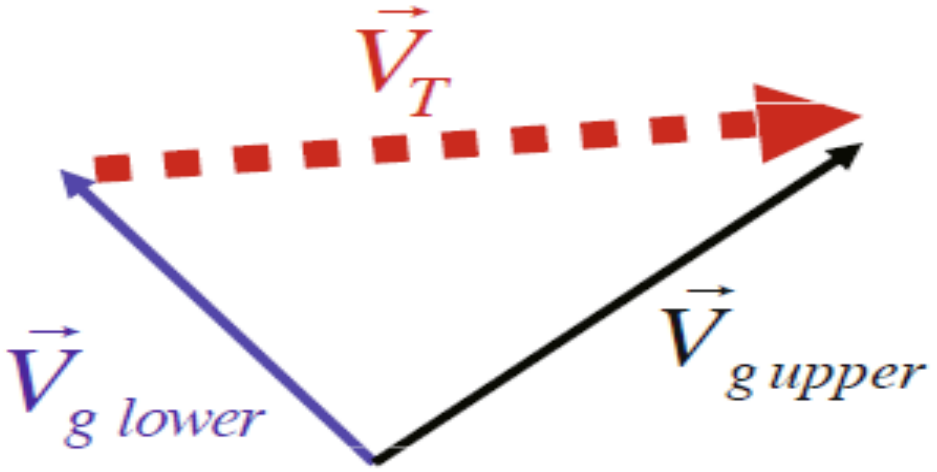
الجزء النظري : من أهم أهداف استخدام مخطط الدوائر المتحدة المركز لرسم منحني الهودوكراف هو تقييم حركة العاصفة، اذ بمجرد تمثيل حركات العاصفة ، يمكن ان نحدد مقدار تدفق القص والتغذية الحاصلة للعاصفة وهذا يساعد في معرفة نوع العاصفة التي ستحدث وشدتها واتجاه حركتها .

عرفت الرياح الحرارية $(\overrightarrow{V_T})$ في تجربة سابقة على انها القصى العمودي للرياح الجيوستروفيكية $(\partial\overrightarrow{V_g}/\partial z)$ او متجه محصلة الرياح بين اي مستويين في الاجواء الحرة ورياضياً تكتب بالعلاقة التالية:

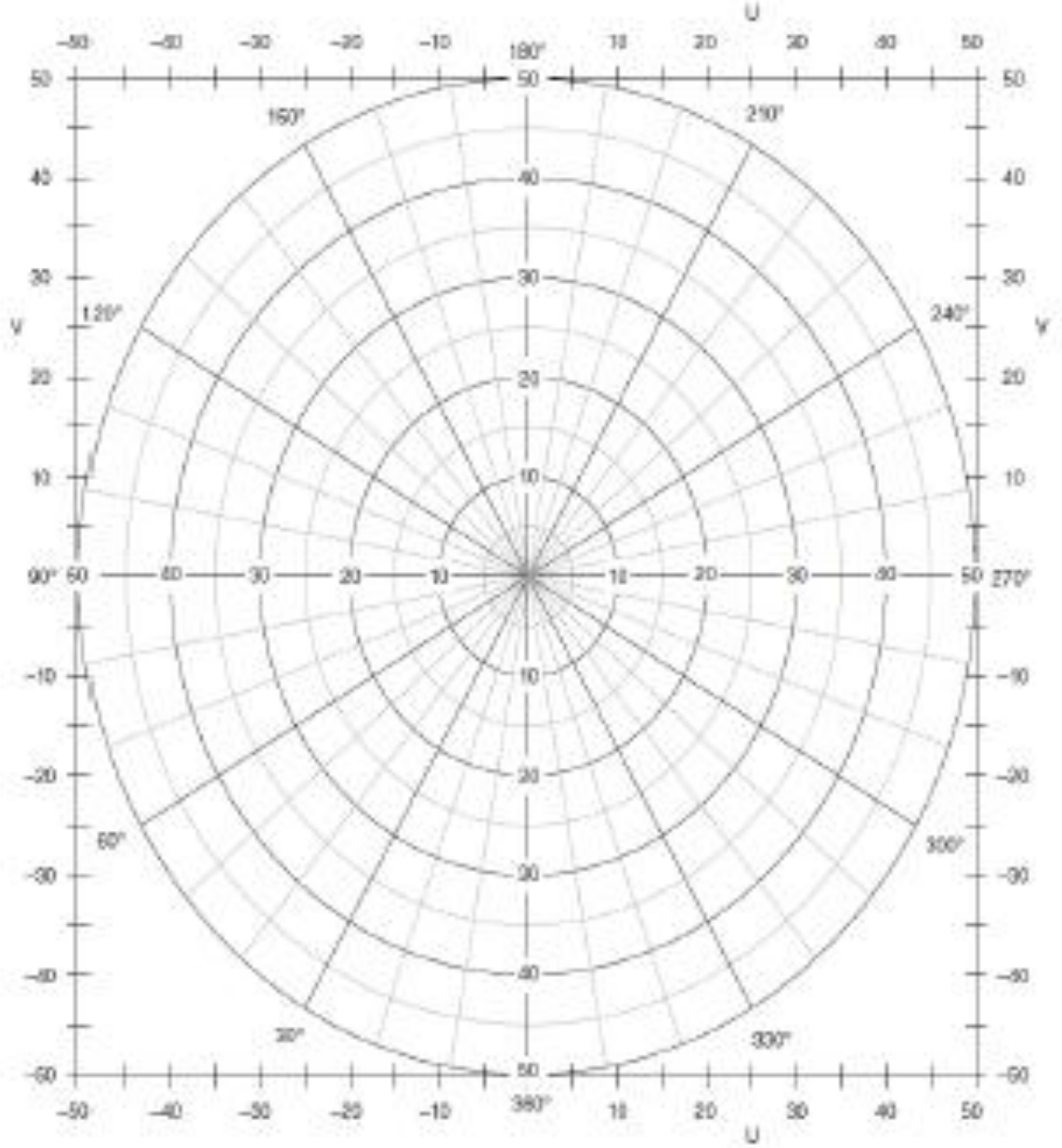
$$\overrightarrow{V_T}=\overrightarrow{V_U}-\overrightarrow{V_L} \text{ ----------(1)}$$

حيث أن $\overrightarrow{V_L}$: متجه الرياح الجيوستروفيكية في المستوى الواطئ (LOWER) و $\overrightarrow{V_U}$: متجه الرياح الجيوستروفيكية في المستوى العالي (UPPER). عند رسم المتجهين $\overrightarrow{V_L}$ و $\overrightarrow{V_U}$ مقداراً واتجاهاً من نقطة معروفة كما مبين بالشكل (1) ، فان $\overrightarrow{V_T}$ ممكن الحصول عليها للمتجه الواطئ الى نقطة نهاية المتجه العالي. تتولد الرياح الحرارية نتيجة تغير سرعة واتجاه الرياح الافقية مع الارتفاع.

عملياً تُحسب سرعة الرياح الحرارية واتجاهها بإسقاط سرعة واتجاه الرياح مقداراً واتجاهاً للارتفاعات العالية المختلفة المأخوذة من تسجيلات الراديوسوند أو تلك المدونة عند خرائط المستويات الضغطية العليا، النموذج الموضح الشكل(٢) . توصل النقاط النهائية لهذه المتجهات بمتجهات اخرى متعاقبة مكونة منحنى يسمى بالهدوگراف Hodograph . المتجه بين اي نقطتين يسمى بمتجه القصى الرأسي كونه يقيس قص الرياح مع الارتفاع، فمنحنى الهدوگراف يعتبر وسيلة مهمة لفهم ودراسة الحركات الجوية والتركيب الطبيعي للغلاف الجوي عمودياً.



الشكل (١) : متجه القصى العمودي

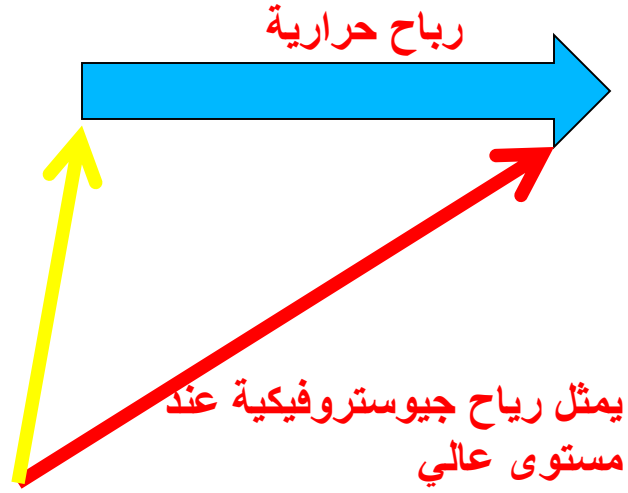


شكل(2) : المخطط المحوري (النموذج)

الرياح الحرارية thermal wind

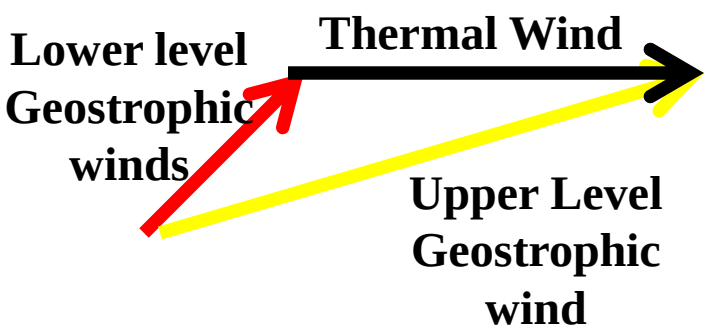
$$\vec{V}_T = \vec{V}_{UPPER} - \vec{V}_{LOWER}$$

- رياح المستوى العلوي تكون اقوى من رياح المستوى الواطيء،الرياح الحرارية تكون اقرب الى رياح المستوى العلوي
- تمثل القص العمودي للرياح الجيوستروفيكية حيث يتغير اتجاهه مع الارتفاع
- انحدار شديد في درجات الحرارة يعني رياح حرارية شديدة
- تهب بموازاة خطوط السمك على ان يقع خط السمك الاوطأ الى اليسار من متجه الرياح الحرارية

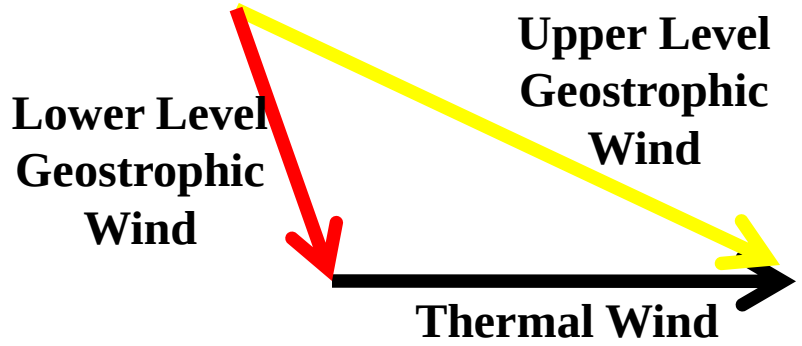


الرياح الحرارية thermal wind

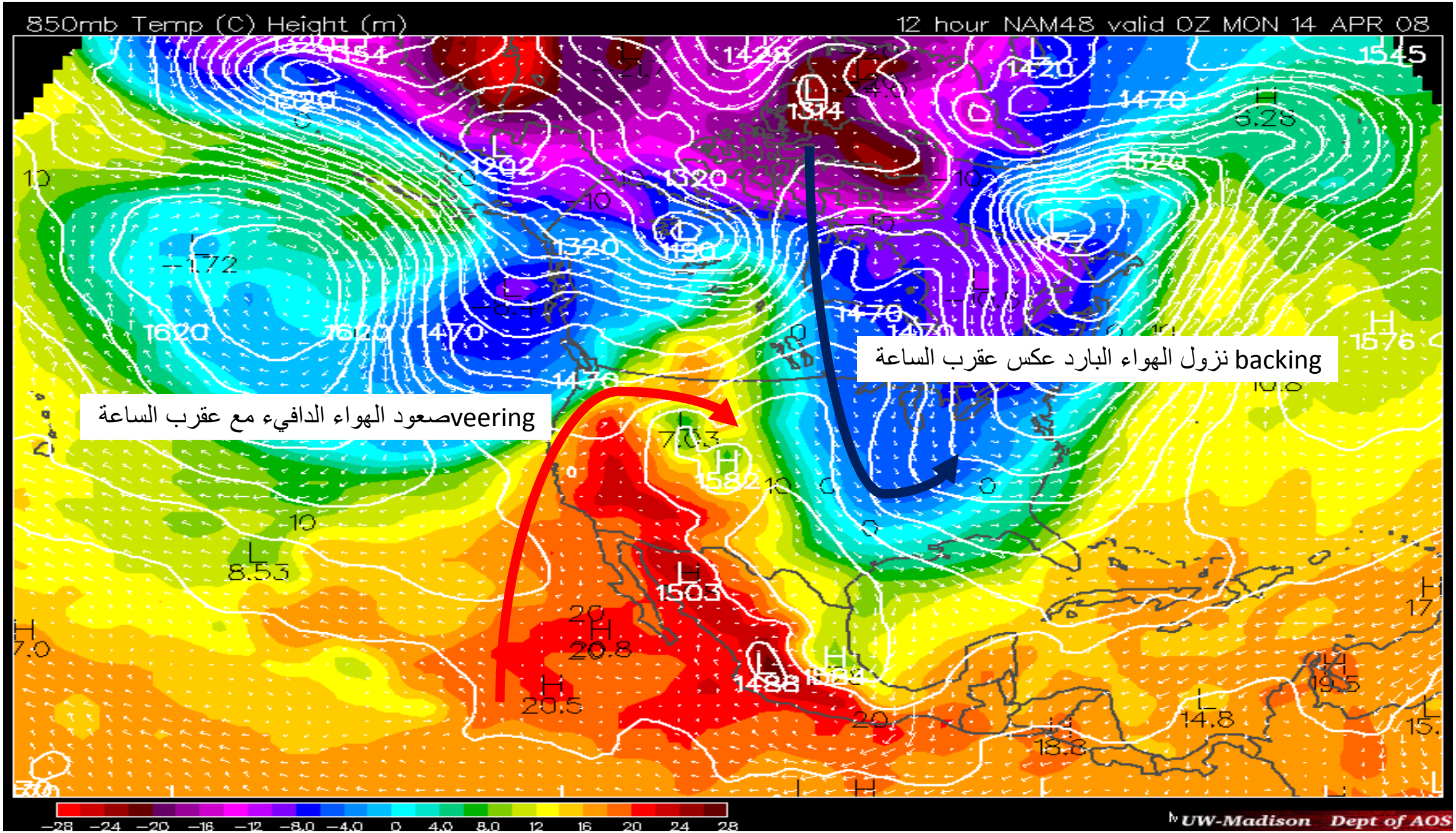
Backing & Veering



يقال للرياح التي تدور من المستوى الواطيء الى الاعلى ب**Veering مع عقرب الساعة**



يقال للرياح التي تدور من الاعلى الاى الاسفل **عكس عقرب الساعة** ب **Backing**


850mb Temp (C) Height (m)
12 hour NAM48 valid 0Z MON 14 APR 08
backing نزول الهواء البارد عكس عقرب الساعة
veeringصعود الهواء الدافيء مع عقرب الساعة
UW-Madison Dept of AOS

ان عمل مخطط الدوائر المتحدة المركز كما ذكرنا آنفا مبني على اسقاط سرع اتجاه الرياح لمحطة معينة عند كل ارتفاع لغاية 6km وقبل البدييء بشرح مخطط الهودوكراف نعود الى موضوع السرع وقيمها والاتجاهات والزوايا .كما نعلم ان سرع الرياح الموزعة على المحاور الكارتزية (x,y,z) تمثل ب (u,v,w) كما ان توزيع الزوايا مع الاتجاهات بالنسبة للرياح يختلف عن توزيع الزوايا بالنسبة للاتجاهات رياضيا كما موضح في الاشكال ادناه.

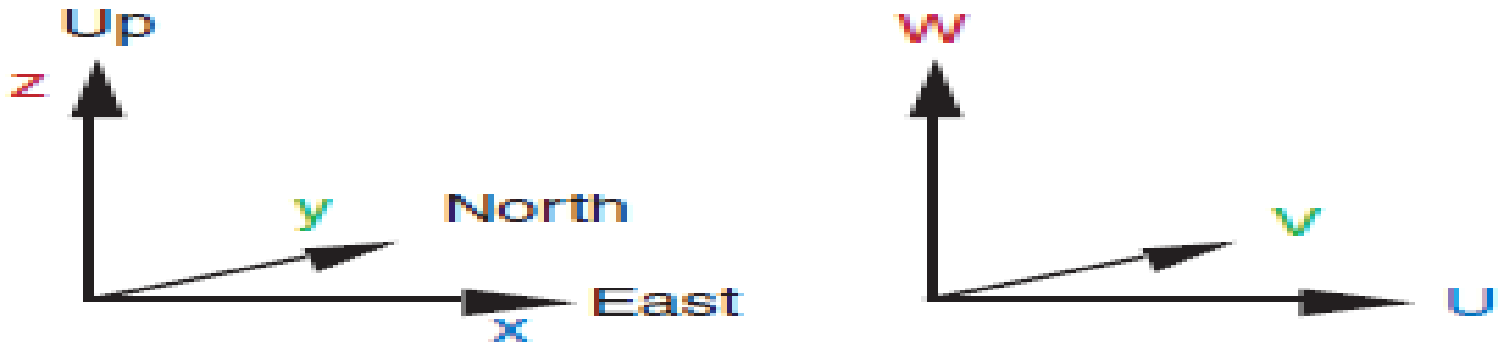


Figure 1.1
Local Cartesian coordinates and velocity components.

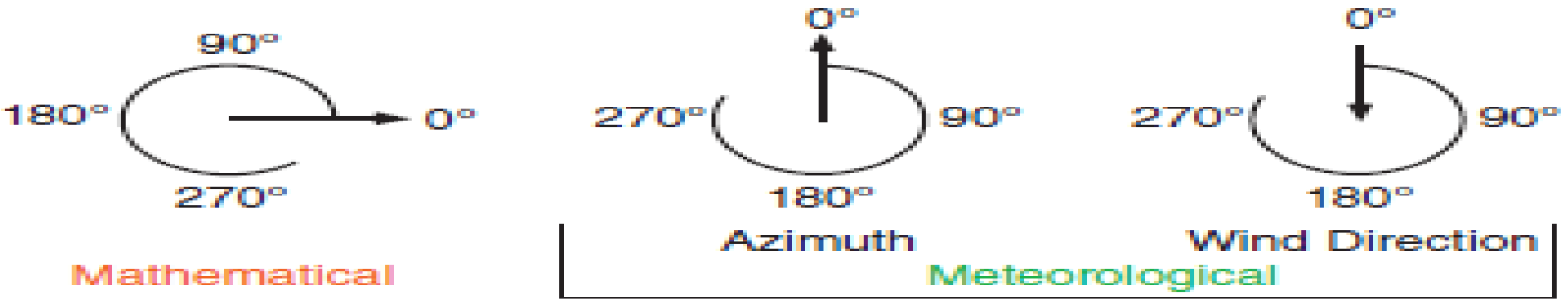


Figure 1.2
Comparison of meteorological and math angle conventions.

تمثل السرعة الافقية كل من (u,v)على المحورين (x,y) حيث ان x zonal ,y meridional .اما على المحاور القطبية اذا اخذنا بنظر الاعتبار كروية الارض فان قيمة السرعة الافقية سنعبر عنها ب(M) واتجاه السرعة الافقية سنعبر عنه ب(α) وتحسب من المعادلات التالية:

Conversion to Speed and Direction:

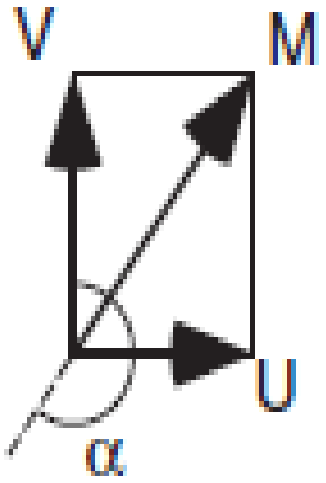
Wind magnitude $$M = \left(U^2 + V^2\right)^{1/2}$$ ---(1)

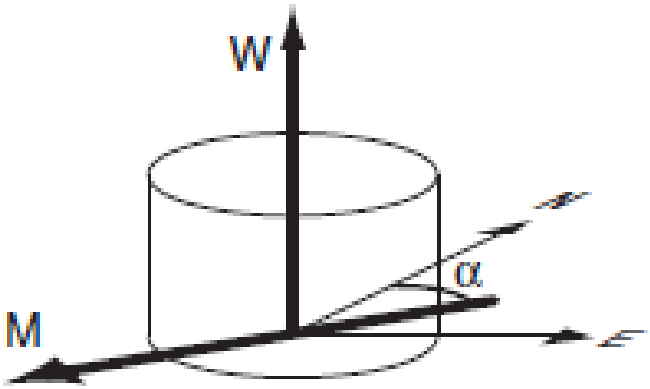
$$\alpha = 90° - \frac{360°}{C} \tan^{-1}\left(\frac{V}{U}\right) + \alpha_o$$ ---(2)

حيث تمثل C الدوران الزاوي لدائرة كاملة قيمته بالدرجات° 360 وقيمته القياس النصف قطري∏2

angular rotation in a full circle ($C = 360° = 2 \cdot \pi$ radians)

قيمة ($\alpha_{\circ}$) تساوي ١٨٠ اذا كانت $u>0$ وقيمة ($\alpha_{\circ}$) تساوي صفر اذاكانت $u<0$. القوانين اعلاه في حالة حساب قيمة واتجاه الرياح ضمن المحاور القطبية ضمن مستوى ضغطي او عند ارتفاع معين . الشكل ادناه يوضح الزاوية(α) وقيمة الرياح M .





وبالعكس فان قيمة u ,v يمكن حسابها من M, و الزاوية(α) حسب المعادلة ادناه :

Conversion to U and V:

$$U = -M \cdot \sin(\alpha)$$ ---(3)

$$V = -M \cdot \cos(\alpha)$$ ---(4)

اذا كان لدينا اكثر من طبقة هواء واكثر من ارتفاع فان قيمة محصلة رياح القص M وزاوية الاتجاه ستحسب كما في المعادلتين ادناه:

$$\frac{\Delta U}{\Delta z} = \frac{U_2 - U_1}{z_2 - z_1} \quad \text{---(5)}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta z} = \frac{V_2 - V_1}{z_2 - z_1} \quad \text{---(6)}$$

or

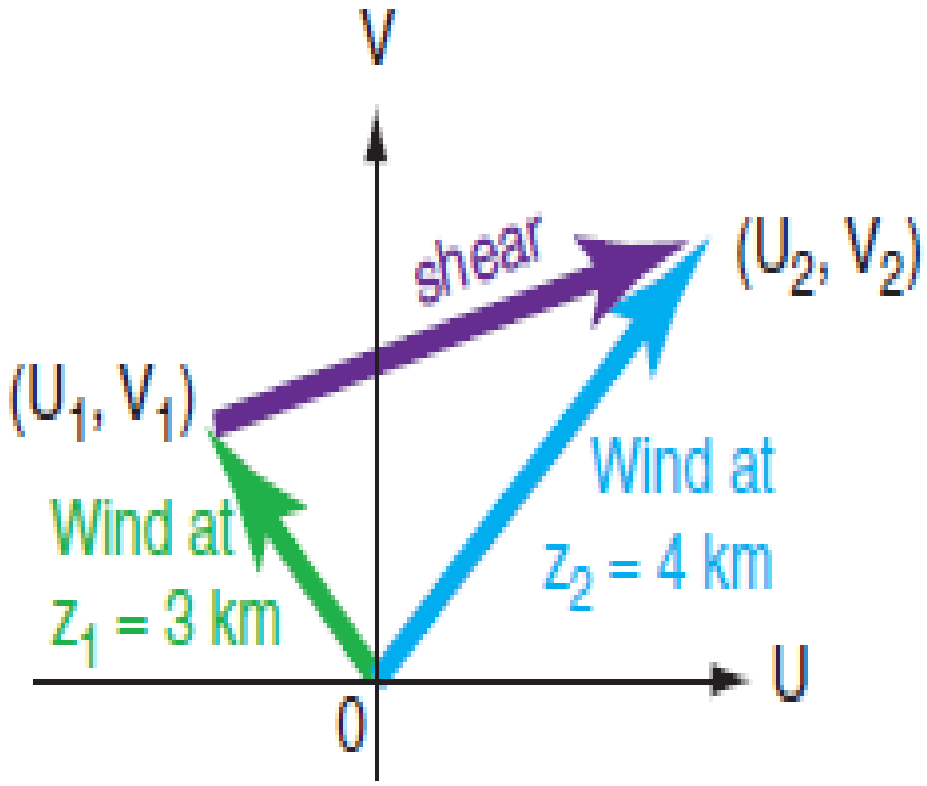
Wind Different magnitude ΔM

s^{-1}

$$\text{Shear Magnitude} = \frac{\left[(\Delta U)^2 + (\Delta V)^2\right]^{1/2}}{\Delta z} \quad \text{---(7)}$$

Shear Direction:

$$\alpha_{shear} = 90° - \frac{360°}{C} \tan^{-1}\left(\frac{\Delta V}{\Delta U}\right) + \alpha_o \quad \text{---(8)}$$

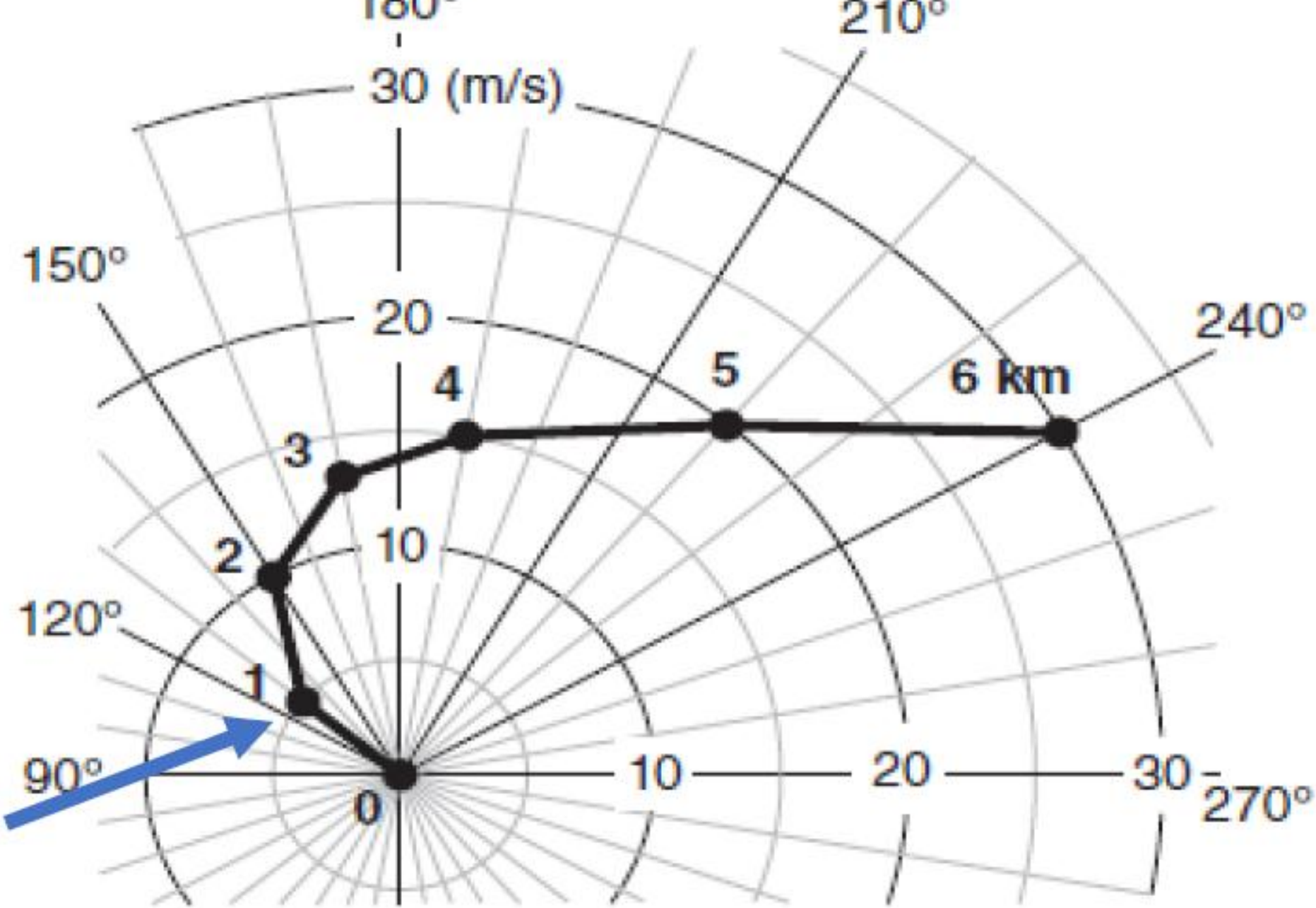


طريقة العمل :

طريقة استخدام بيانات الجدول ادناه لرسم منحني الهودوكراف :

z (km)	dir. (°)	M ($m\ s^{-1}$)	z (km)	dir. (°)	M ($m\ s^{-1}$)
0	0	0	4	190	15
1	130	5	5	220	20
2	150	10	6	240	30
3	170	13			

1- قبل البدء بالرسم عند التمعن بالنموذج الفارغ نجد ان هناك دوائر صغيرة متحدة المركز تمثل قيم سرع الرياح عند ارتفاع معين .
2- الدائرة الخارجية تمثل الزوايا والتي يتم من خلالها تحديد اتجاه الرياح (الجهه التي تتجه نحوها الرياح) لقيم السرع المعطاة عند ارتفاع معين مع الاخذ بنظر الاعتبار ان الزوايا معكوسة مقارنة بالزوايا المستخدمة لتحديد اتجاه الرياح على المحاور الكارتزية .
3- يتم تحديد كل قيمة سرعة على دوائر السرع حسب الزاوية المعطاة لكل سرعة على شكل دوائر صغيرة .
4- يتم ربط الدوائر مع بعضها بخطوط لنحصل على المسار العمودي للرياح لارتفاعات مختلفة عند محطة معينة .
5- من خلال هذا المسارنستطيع ان نحدد هل ان هناك نزول ام صعود لكتلة الهواء هل لدينا veering اي تافق لهواء دافئ (صعود الهواء مع عقرب الساعة) ام backing اي نزول هواء بارد عكس عقرب الساعة .
6- الشكل التالي يبين تمثيل البيانات في الجدول على الهودو كراف .حيث تمثل النقطة عند الرقم 1 السرعة عند الارتفاع 1km والتي تساوي 5m/s وباتجاه الزاوية 130°



قيمة السرعة 5m/s

المناقشة:

١. استخدم قيم كل من wind magnitude M و α (dir.) لحساب قيمة u,v عند كل ارتفاع وحسب المعادلتين (3),(4) .

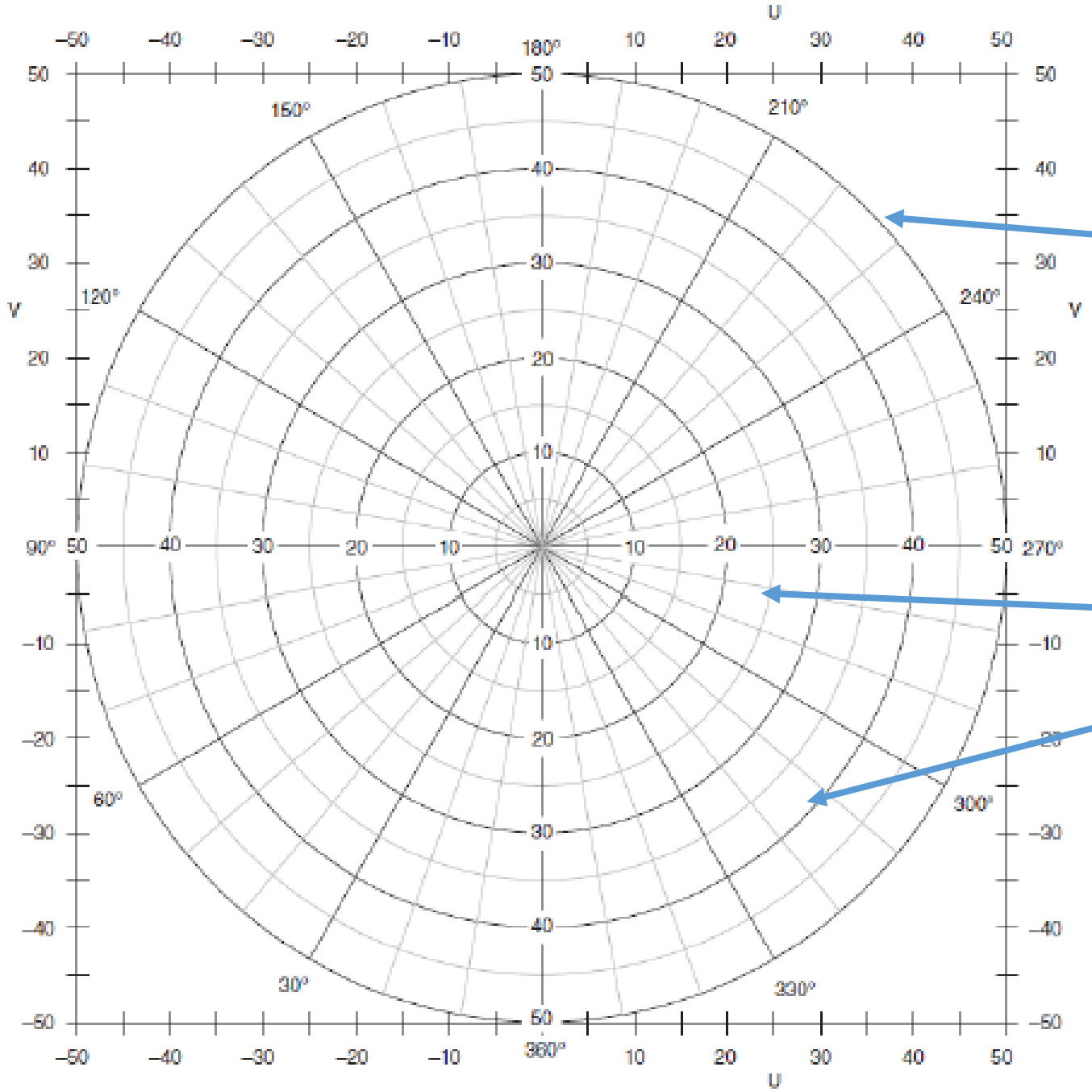
٢. استخدم المعادلة (5),(6) لحساب shear magnitudeقيمة القص للرياح بين الارتفاع 1km والارتفاع 6km وحسب المعادلة (7). احسب α shear اتجاه قص الرياح بين الارتفاع 1km والارتفاع 6km من المعادلة (٨).

٣. ماهي وحدة قص الرياح؟

المصادر :

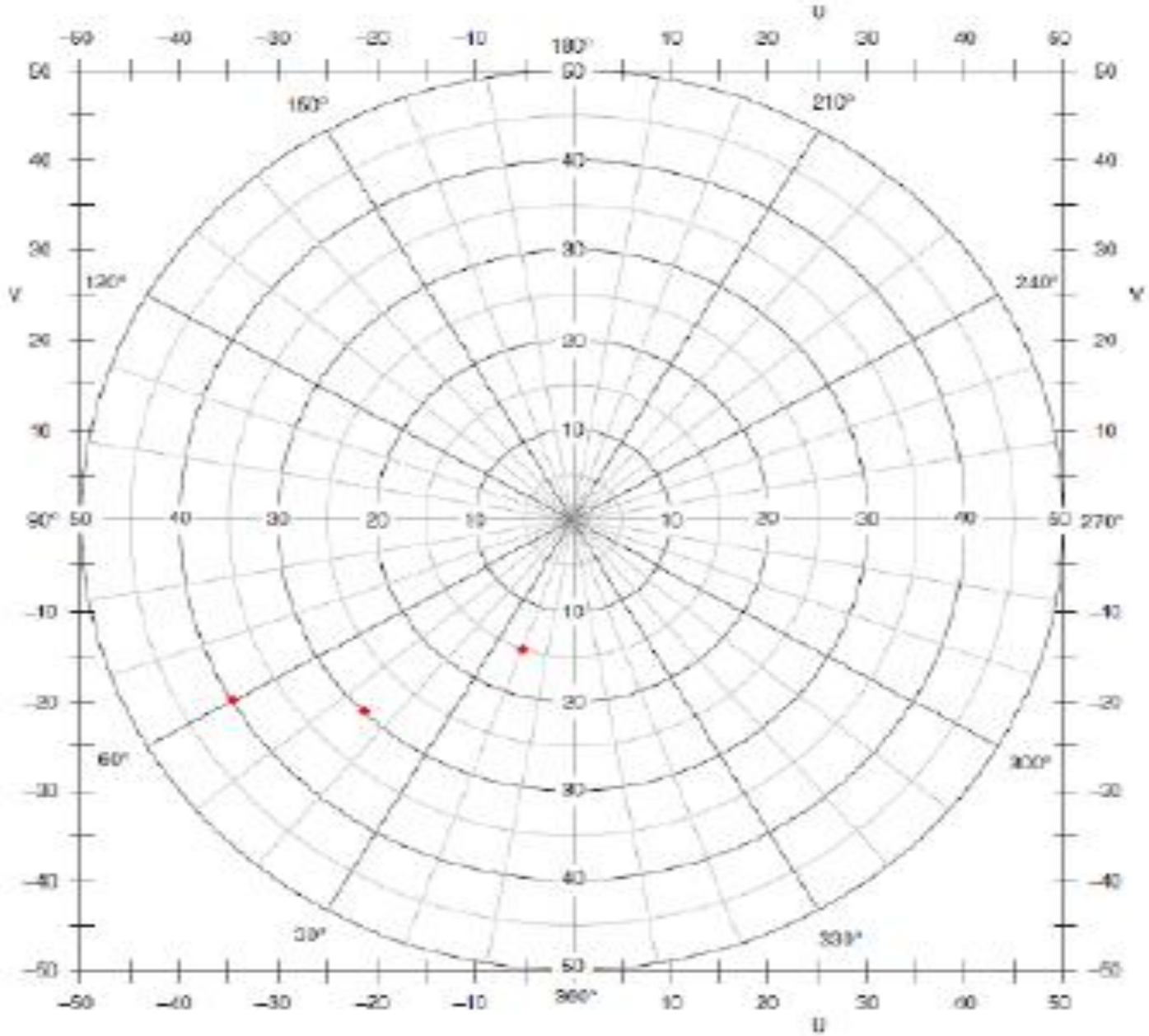
Stull. R,2017, “Practical Meteorology”, University of British Colombia, P.P. 944.

مثال عن التطبيق العملى لرسم منحنى الهودوكراف على المخطط المحورى



الدائرة الخارجية تبين الزوايا ومنها نحدد اتجاه الرياح الجيوستروفيكية

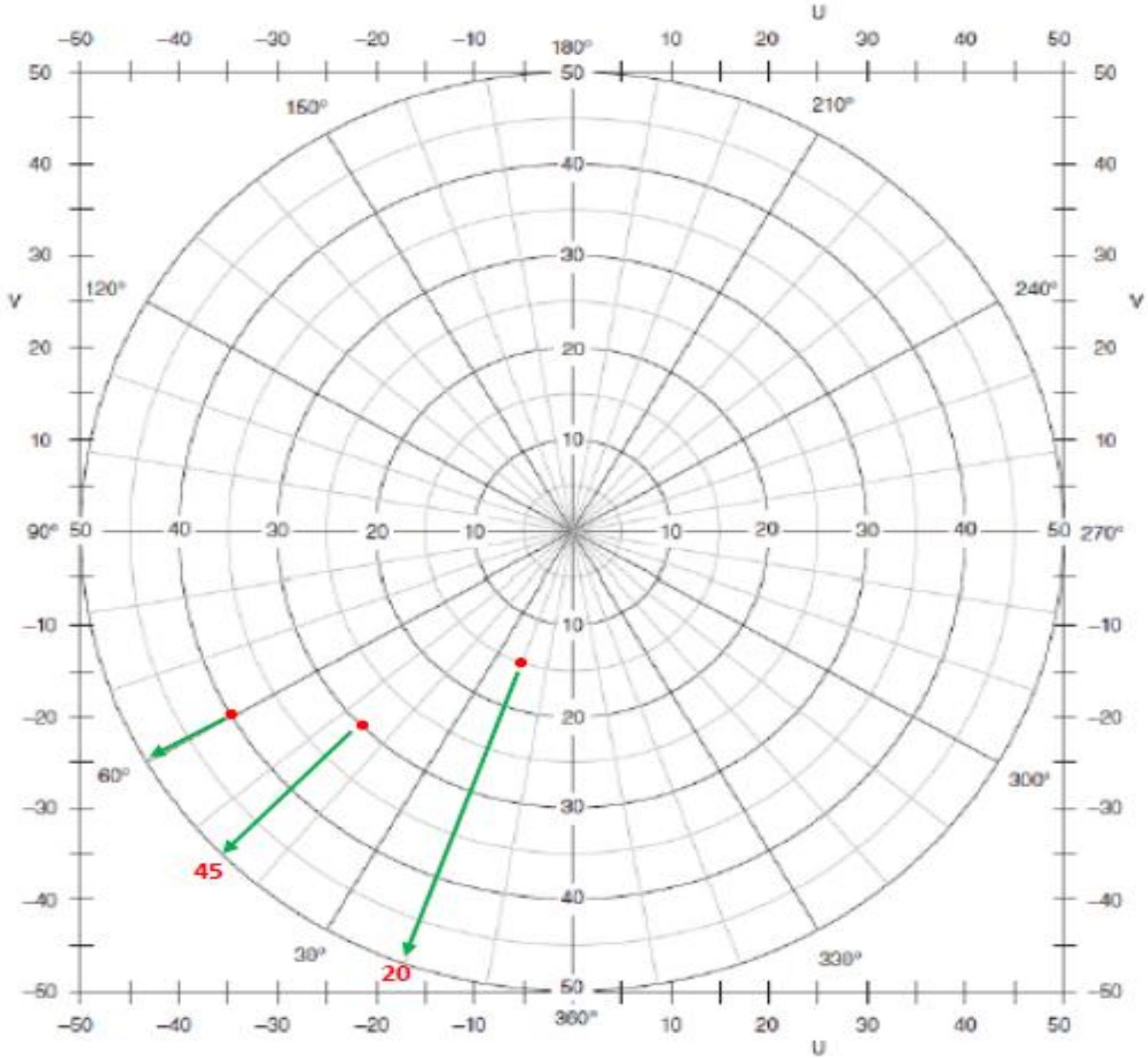
قيم الدوائر الداخلية تبين سرعة الرياح الجيوستروفيكية



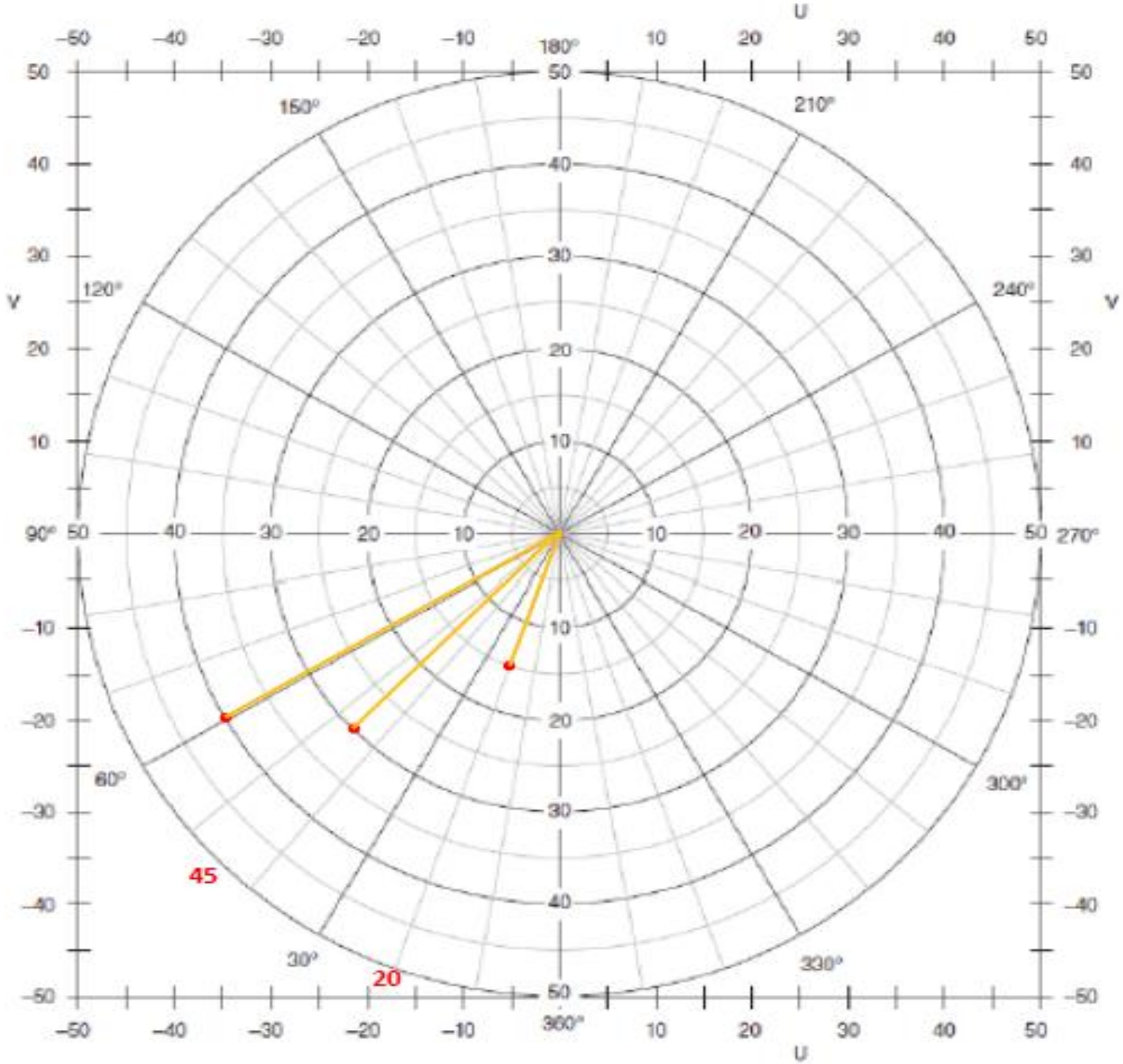
القيم التالية تمثل قيم سرعة الرياح الجيوستروفيكية مع الاتجاه:

Vg1=15 km/hr ,20 degree
Vg2=30 km/hr ,45 degree
Vg3=40 km/hr ,60 degree

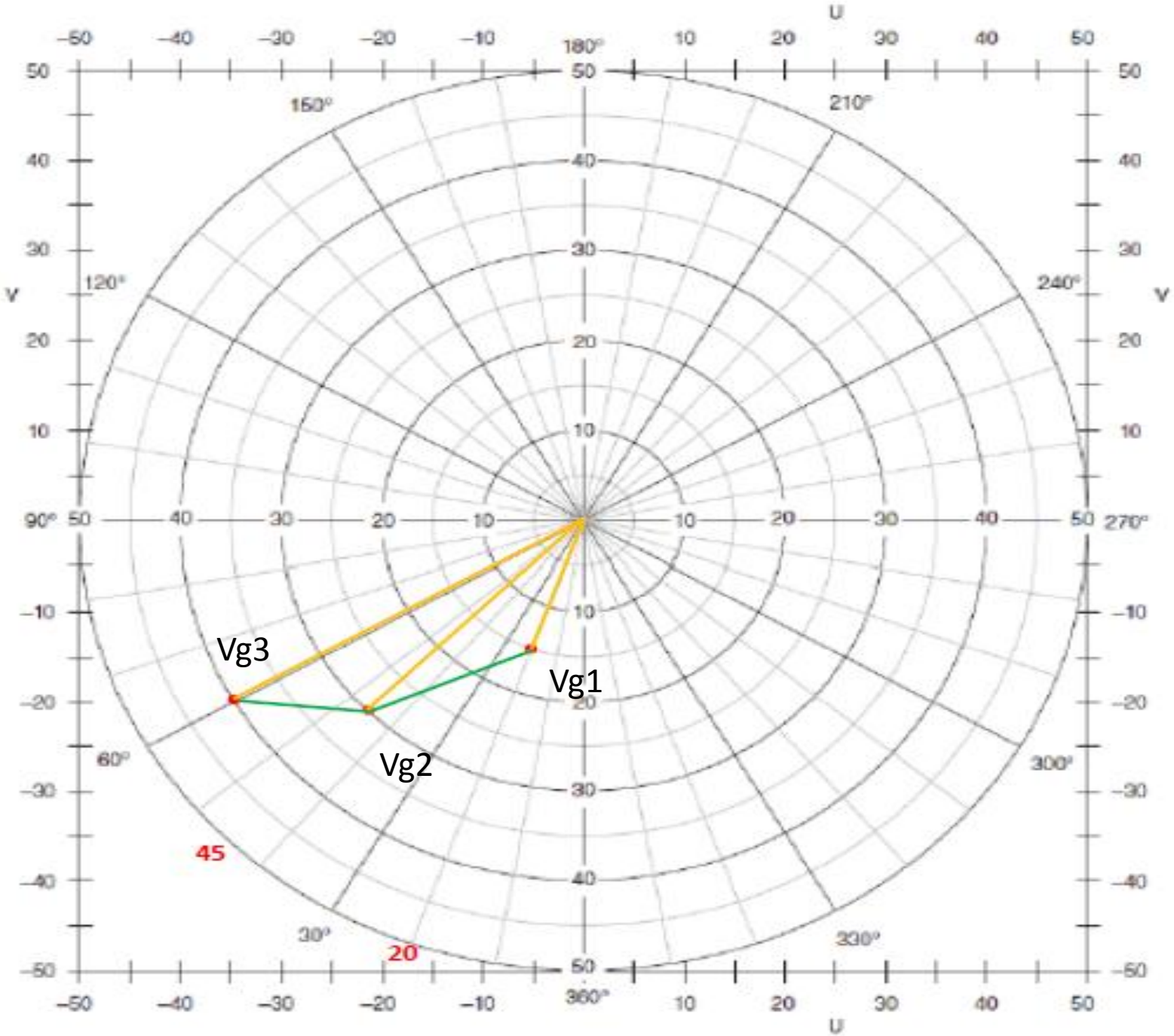
النقاط الحمراء الصغيرة تمثل قيم سرع الرياح الجيوستروفيكية المعطاة اعلاه



الخط الاخضر تم رسمه لتوضيح ان موقع الرياح الجيوستروفيكية تم تحديده على دائرة السرعة تبعا لقيمة الزاوية



بعد ان قمنا باسقاط الرياح الجيوستروفيكية وفقا للسرعة والاتجاه نربط كل دائرة حمراءبخط مستقيم يصل للمركز كمايظهر في الشكل



ثم نربط مواقع الرياح الجيوستروفيكية كل سرعة مع التي تليها كما موضح بالخط الاخضر.
حيث يمثل الخط الاخضر مسار الرياح الحرارية .