تقنيات تنفيذ الأعمال الترابية بالطرائق الميكانيكية

❁ تقنيات معالجة التربة بالطرائق الميكانيكية:

- إن اختيار وإدارة وصـيانة آليات البناء يصـبح لهم أهمية خاصـة عندما يتعلق الأمر بأليات حفر ونقل التربة، لذلك فإنه قبل البت باستخدام أي شكل من أشكال الآليات المستخدمة في تنفيذ الأعمال الترابية يجب أخذ ظروف الموقع وحجم العمل بعين الاعتبار وذلك من أجل تحقيق الاختيار الأكثر وفراً للمشروع.

- تعتمد معالجة التربة بالطرائق الميكانيكية على قيام مختلف أشكال الآليات المختصة بتنفيذ الأعمال الترابية بالتأثير على التربة من خلال تطبيق قوى قص عليها، تكون نتيجتها فصل كمية صغيرة من التربة عن الكتلة الأساسية المطلوب حفرها.

◄ إذا كانت وظيفة الآلية قص التربة فقط، عندئذ هذه الآلية تسـمى **آلية حفر فقط**، حيث تقوم بعد ذلك بتحميل التربة إلى آليات النقل أو أن تقوم بتفريغها بجانب الحفرية من أجل اسـتخدامها في إعادة ردم الحفرية بعد الانتهاء من تنفيذ الأعمال المطلوبة داخل الحفرية (شبكات خدمة، أساسات ... إلخ).

◄ أما إذا كانت وظيفة الآلية قص التربة ونقلها، فتسمى **آلية حفر ونقل**.

ϟ تنتمي إلى آليات الحفر، المجارف الألية بمختلف أشكالها وهي:

المجارف الآلية المزودة بوعاء حفر واحد، مثل:	**المجارف المتعددة أوعية الحفر**، مثل:
• المجرفة الأمامية.	• المجارف الناعورية.
• المجرفة العكسية.	• المجارف السلسلية (أتاييف).
• المجرفة ذات الدلو المسحوب (دراغ لاين).	
• التركس.	

ϟ وتنتمي إلى أليات الحفر والنقل، آليات الجرف السطحي بمختلف أشكالها وهي:

- البلدوزرات.
- الكاشطات (السكريبرات).

ϟ كما يوجد أيضاً آليات خاصة بأعمال السوية السطحية وهي : الغريدرات بمختلف أشكالها.

وفي الصفحات القليلة التالية سنتحدث عن جميع الآليات المذكورة وكيفية حساب انتاجياتها..

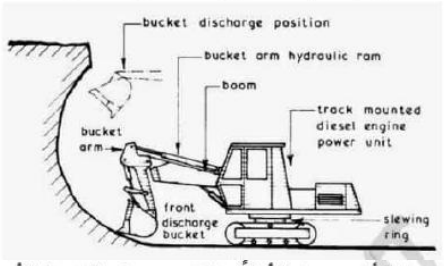
I. المجارف الآلية المزودة بوعاء حفر واحد:

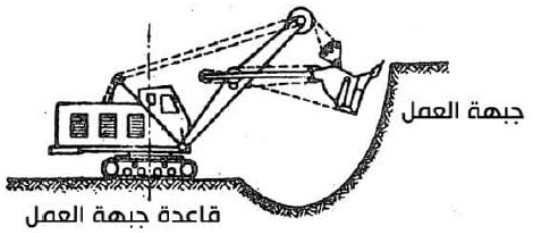
➢ تتراوح عادة سعة سطل المجارف الالية المستخدمة في أعمال الحفر بين $0.15 - 2m^3$ ونادراً ما تستخدم مجارف سعة سطلها تصل حتى $4\ m^3$.

♣ **س.د: اكتب ما تعرفه عن المجرفة الأمامية المستخدمة في تنفيذ الأعمال الترابية، وعدد العوامل التي تؤثر في إنتاجية هذه المجارف**

1. المجارف الأمامية ....FACE SHOVEL :

- **(التعريف + الاســـتخدام)** : تتوضــع المجرفة الأمامية في قاعدة جبهة العمل وتقوم بحفر تربة الجدران الشـاقولية التي تقع فوق المنسـوب الذي تقف عليه، وفي حالات قليلة قد تقوم المجرفة الأمامية بحفر التربة تحت منسوب وقوفها بعمق يتراوح بين $30 - 200cm$ وذلك حسب إمكانيات المجرفة. أنظر الشكل:





- تعمل هذه المجرفة من نقاط وقوف ثابتة، حيث تبدأ بحفر التربة الأقرب منها أولاً وتنتهي بحفر التربة الأبعد عنها.
- **(مواصفات السطل)**: المجرفة الأمامية مزودة بسطل حفر مفتوح إلى الأعلى ومجهز بشفرة في مقدمته من أجل قص وتحميل التربة ومن ثم تفريغها من خلال إعطاء الوضعية الأمامية السفلية للسطل.
- هذا السطل مثبت إلى ذراع المجرفة بشكل مفصلي ويتحرك بواسطة ألية تحريك ميكانيكية أو هيدروليكية.

في **التربة القاسية** يجب تزويد مقدمة السطل **بأسنان**، وذلك من أجل خلخلة التربة وتحميلها إلى السطل.	أما في حال معالجة **التربة القليلة القساوة**، عندئذ يمكن تجهيز المجرفة بسطل ذات حجم كبير نسبياً **ومزود بشفرة** عوضاً عن الأسنان.

♣ **س.د: ما هي العوامل التي تؤثر في اختيار حجم السطل المناسب في المجارف الآلية.**

➤ بشكل عام، فإن اختيار شكل وحجم السطل المناسب يعتمد على:

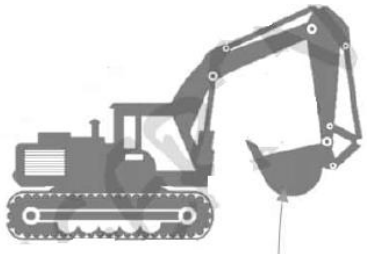
1. حجم الأعمال المطلوب تنفيذها.
2. عمق الحفرية.
3. خواص التربة.

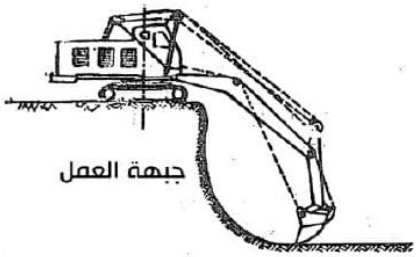
- تقوم المجارف الأمامية بشـكل فعال بحفر **التربة الجافة وذات الرطوبة العادية** وتحميلها إلى آليات النقل أو تفريغها بجائب الحفرية.
- في ظروف التربة **عالية الرطوبة أو وجود مياه جوفية ذات منسوب مرتفع**، يجب أولاً تصريف المياه عن الموقع أو تخفيض منسـوب المياه الجوفية، وفي حال عدم الحاجة إلى ذلك، عندئذ يمكن تنفيذ العمل بواسـطة المجرفة العكسية.

➤ **تتمتع المجرفة الأمامية بأعلى إنتاجية بين بقية أشـكال المجارف** حيث أنها قادرة على تحميل بحدود 80 سطل في الساعة تقريباً.

2. - المجرفة العكسية... *Backactor*:

- تتموضع المجرفة العكسية في الجهة المرتفعة من جبهة العمل وتقوم بحفر التربة التي تقع تحت المنسوب الذي تقف عليه (لاحظ ذلك على الشكل) ، مما يسمح باستخدام هذه المجارف في معالجة **التربة ذات الرطوبة العالية** دون الحاجة إلى اتخاذ أي إجراءات إضافية.

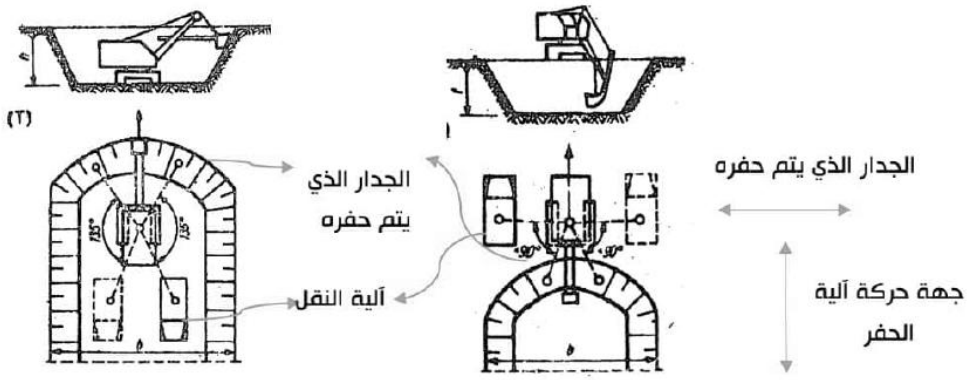




- تعمل هذه المجرفة من نقاط وقوف ثابتة أيضـاً، إلا أنها على عكس الجرفة الأمامية، فهي تبدأ بحفر التربة الأبعد عن نقطة وقوفها أولاً وتنتهي بحفر التربة الأقرب إليها. (ويجب الانتباه لمسافة الاقتراب حتى لا تنقلب الآلية)
- المجرفة العكسية مجهزة بسطل حفر مفتوح إلى الخلف والأسفل، ومواصفات السطل في هذه المجرفة شبيهة تماماً بمواصفات سطل المجرفة الأمامية.

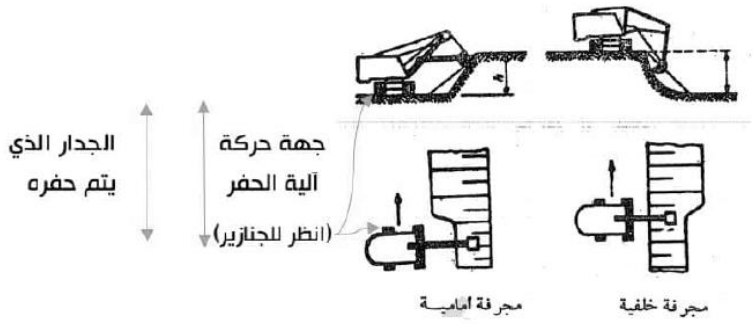
تقوم المجارف الأمامية والخلفية بحفر التربة وفق عدة طرق، وهي:

1. **طريقة الحفر الجبهي:** في هذه الطريقة يتم حفر الجدار المتعامد مع محور حركة المجرفة، من المجدي خلال معالجة التربة بهذه الطريقة أن تقف آلية النقل المرافقة مباشـــرة في قاعدة جبهة العمل على نفس منسوب وقوف المجرفة وخلفها، أثناء العمل بهذه الطريقة قد تصل زاوية دوران ذراع المجرفة إلى $135°$ مما يقلل من إنتاجية المجرفة. أنظر للشكل.

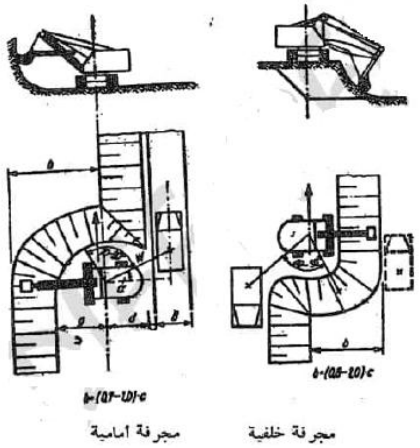


2. **طريقة الحفر الجانبي:**

في هذه الطريقة يتم حفر الجدار الموازي لمحور حركـة المجرفـة، هذا يؤدي إلى تقليل زاوية دوران ذراع المجرفـة من أجـل التفريغ بحيث تصـــل إلى $90°$ مما يرفع من إنتاجية المجرفة، إلا أن حجم التربـة التي يمكن حفرهـا من نقطة وقوف واحدة ليس كبيراً.

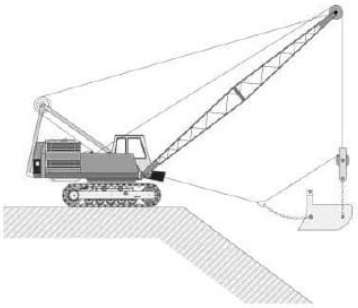


3. **طريقة الحفر المختلط:** بما أن المجارف الآلية تعمل من نقاط وقوف ثابتة، يكون من المجدي القيام بحفر أكبر كمية من التربة في كل نقطة وقوف بهدف رفع الإنتاجية. لذلك فقد دلت الخبرات العملية أن تحقيق ذلك ممكن من خلال اللجوء إلى **طريقـة الحفر المختلط**، وهي طريقـة تجمع بين طريقتي الحفر الجبهي والجانبي، أي أن تقوم بحفر الجدران الترابية الموازية لمسار المجرفة والمتعامدة معه أيضاً.



♣ س.د: اكتب ما تعرفه عن المجرفة ذات الدلو المسحوب(دراغ لاين).

3. المجرفة ذات الدلو المسحوب (دراغ لاين):



- يكون فيها السطل معلق بواسطة كابلات إلى ذراع رافعة سهمية.
- مبدأ عمل المجرفة ذات الدلو المسحوب مشابه لمبدأ عمل المجرفة العكسية.
- طريقة عمل هذه المجرفة هي رمي السطل إلى منطقة الحفر بعيداً قليلاً عن المحور الشاقولي للخطاف ومن ثم سحبه على سطح التربة مما يؤدي إلى ملء السطل. بعد ذلك يتم رفعه إلى سارية الرافعة ونقله إلى مكان التفريغ عن طريق تدوير هيكل الرافعة. يتم التفريغ بتحرير كابل الرافعة مما يؤدي إلى دوران فتحة السطل إلى الأسفل.
- بواسطة هذه المجرفة يمكن معالجة التربة المفككة عالية الرطوبة والمغمورة بالمياه أيضاً (**#شرح**: فتستخدم لتنظيف قاع الأنهار واستخراج التربة من المياه).

4. التركس TRACTOR SHOVEL:

- يطلق على هذه الآلية أحياناً أسم مجرفة تحميل (تركس)، وهي أساساً عبارة عن آلية تكون فيها وحدة الطاقة والقيادة على شكل جرار بعجلات مطاطية أو مجنزر، مركب في مقدمته سطل يتم التحكم به هيدروليكياً.
- **الوظيفة الأساسية للتركس** هي حفر وتحميل التربة ونواتج الهدم إلى السطل، ومن ثم رفعه والمناورة لتصبح في وضع يمكنها من تفريغ حمولتها إلى الشاحنة المرافقة أو في مكان قريب بجائب الحفرية.
- تعتبر هذه الآلية الأكثر مرونة واستخداماً بين الآليات المستخدمة في مشاريع التشييد، كما يمكن استخدامها في بعض الحالات عوضاً عن البلدوزر.
- يتم حساب إنتاجية التركس بشكل يشبه تماماً حساب إنتاجية البلدوزر..الانتاجيات موجودة في نهاية المحاضرة

II. آليات الحفر والنقل:

1. البلدوزرات ... BULLDOZERS AND ANGLEDOZERS :

- تعتبر البلدوزرات بالدرجة الأولى جرارات طاقتها عالية جداً $tractor\ high—powered$ مجنزرة أو على دواليب مطاطية ومجهزة في المقدمة بترس مزود بشفرة أو أسنان من أجل تسهيل عملية الحفر $mould\ board\ OR\ blade$.

❁ **الوظيفة (مجال الاستخدام):** يقوم البلدوزر بحفر الطبقات السطحية من التربة بعمق من $(15 - 40cm)$ (حسب مواصفات الآلية والتربة) وتنقلها إلى مكان الردم عن طريق دفعها بواسطة الترس.

- كما يعتبر البلدوزر آلية مناسبة لأعمال التسوية وتنفيذ الحفريات وردم الخنادق والكثير من الأعمال المشابهة.
- معالجة التربة بواسطة البلدوزر تتم من خلال ثلاث عمليات رئيسية وهي :

1. حفر $(taking\ up)$. 2. نقل $(transporting)$. 3. ردم $(placing\ soil)$.

❁ **المجال المجدي:** العمل بواسطة البلدوزر يسمح بنقل التربة لمسافة لا تتجاوز $100m$ كحد أقصى، وذلك لأن عمل البلدوزر على مسافات أكبر من ذلك يصبح غير فعال بسبب الفقدان الكبير للتربة على جوائب الترس خلال عملية النقل.

➢ إلا أن **المجال المجدي** لعمل البلدوزر يتراوح بين $50m - 10$ إذا كان البلدوزر يعمل على سطح أفقي، وحتى $100m$م إذا كان البلدوزر يعمل على سطح مائل هبوطاً. هام

- يمكن للبلدوزرات أن تكون كبيرة جداً ومتوفرة بتروس يتراوح عرضها في الغالب بين $(120 - 400cm)$ وارتفاعها بين $(60 - 120cm)$، مع قدرتها على حفر طبقة من التربة قد يصل عمقها إلى$40cm$. وقد تكون ذات أبعاد وإمكانيات أكبر من ذلك.
- تكون آلية تحريك الترس في أغلب البلدوزرات هيدروليكية وفي القليل منها ميكانيكية.

انتهى التعريف + يمكن إضافة تصنيف البلدوزرات

➢ تصنف البلدوزرات وفق معايير مختلفة، منها:

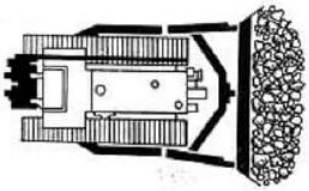
تصنيف البلدوزرات حسب نوع الجرار :

1. **جرارات مجنزرة** $Carwler\ tracks$ ومن مميزاتها أنها تملك القدرة على:
   - السير في التربة الطرية.
   - العمل على الأراضي الصخرية.
   - السير على الطرقات غير الممهدة.
   - إلا أنها تحتاج لآلية خاصة لنقلها من ورشة إلى أخرى.

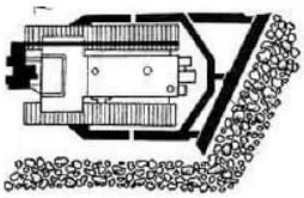
2. **جرارات على دواليب مطاطية** $wheeled\ base$ ومن مميزاتها :
   - الانتقال بسرعة كبيرة.
   - عدم الحاجة لآلية خاصة لنقلها من ورشة إلى أخرى، إلا في حال كانت المسافة كبيرة نسبياً بين المشاريع، عندئذ يكون من المجدي نقل هذا الشكل من الجرارات على آليات نقل خاصة.

معظم البلدوزرات تكون محمولة على جنازير ، أما الصغيرة منها قد تكون على عجلات مطاطية.

تصنيف حسب وضعية الترس:



1. **ترس جبهي:** هو الترس الذي يأخذ الوضعية العمودية مع محور حركة الجرار، أي بقوم بدفع التربة إلى الأمام فقط.



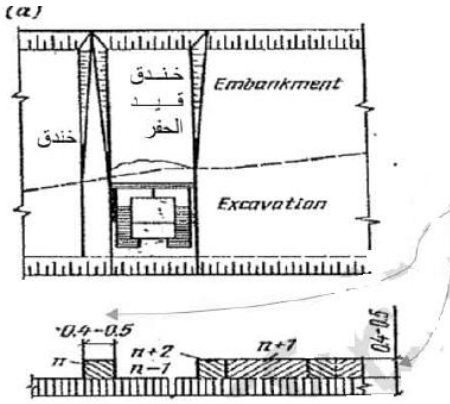
2. **ترس مائل**: هو الترس الذي يستطيع أن يأخذ بالإضافة إلى الوضعية الجبهية وضعية مائلة بالنسبة لمحور حركة الجرار، في هذه الحالة يقوم بجرف التربة جانباً،
كما يستطيع أن يأخذ وضعية مائلة بالنسبة لمستوي سطح الأرض الذي يسير عليه، وذلك من أجل الحصول على ميول معينة لسطح الأرض.

إدارة تشغيل البلدوزرات: (طريقة عمل البلدوزر)

- إدارة تشغيل البلدوزرات يجب أن تضمن استخدام هذه الأليات ضمن مجال عملها المجدي والذي يؤدي إلى الحصول على أعلى إنتاجية ممكنة خلال واحدة الزمن.
- يتم تحقيق ذلك من خلال أخذ أبعاد رقعة العمل وعمق منطقتي الحفر والردم وطبيعة التربة بعين الاعتبار، وذلك حسب طبيعة العمل المطلوب تنفيذه، مثل:

1. تسوية الموقع بواسطة البلدوزر:

حيث يقوم البلدوزر بتسوية السطوح من خلال طريقة الحفر الصندوقي أو طريقة الحفر السطحي، واختيار إحدى هاتين الطريقتين يعتمد على شكل تضاريس موقع العمل وعمق منطقة الحفر:

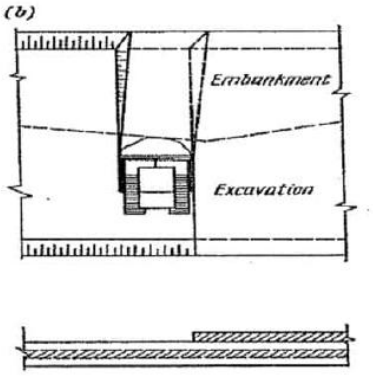


1. طريقة الحفر الصندوقي :

- يتم تقسيم الحفرية إلى مسارات على شكل خنادق عمقها يصل حتى $0.7m$
- تكون هذه الخنادق مفصولة عن بعضها بواسطة جدران ترابية جانبية يصل عرضها حتى $0.5m$.
- تتشكل هذه الجدران بنتيجة قيام البلدوزر بحفر التربة لعدد من المرات المتتالية على نفس المسار.
- تساعد هذه الجدران بالحد من فقدان التربة أثناء الحركة على جانبي الترس مما يزيد من فعالية عمل البلدوزر .
- يتم اعتماد هذه الطريقة من أجل السطوح والتضاريس السهلة والأعماق الكبيرة نسبياً في منطقة الحفر .

2. طريقة الحفر السطحي:

- يتم تنفيذ الحفريات على طبقات سطحية متعاقبة على كامل عرض الحفرية (حيث يتم تحديد سماكة الطبقة بواسطة ترس البلدوزر)



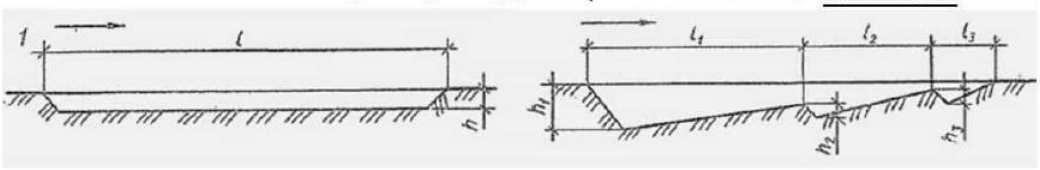
- يتم اعتماد هذه الطريقة من أجل السطوح المعقدة والأعماق القليلة نسبياً في منطقة الحفر،
- أما بالنسبة للسطوح المعقدة والأعماق الكبيرة نسبياً فيفضل أن تبدأ أعمال التسوية وفق هذه الطريقة لحين تبسيط شكل تضاريس الموقع فقط على أن يتم الانتقال بعد ذلك إلى طريقة الحفر الصندوقي حيث يكون فقدان التربة أثناء عمل البلدوزر أقل منه في طريقة الحفر السطحي.

2. كشط التربة بواسطة البلدوزر:

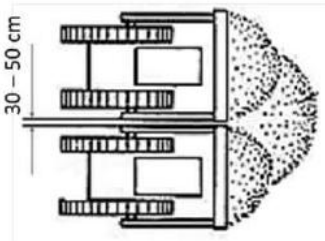
هي عملية حفر طبقة من التربة وتجميعها أمام البلدوزر ومن ثم نقلها إلى مكان الردم، وتعتمد على مواصفات التربة.

حيث تتم عملية كشط **التربة الطرية** وفق طبقة منتظمة تصل سماكتها بشكل وسطي حتى $25cm$.

أما إذا كانت **التربة قاسية** فإن عملية الكشط تتم بالتدريج، أنظر للشكل :



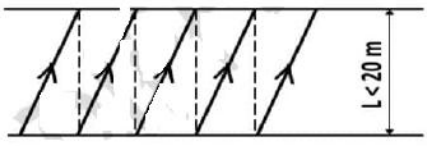
3. تنظيم العمل الجماعي للبلدوزرات:



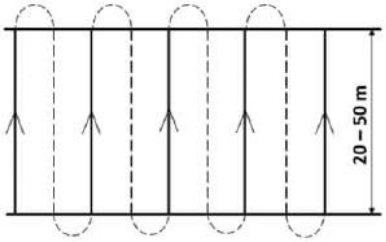
- في حال تنفيذ أعمال التسوية على السطوح الكبيرة في ظروف التربة غير القاسية، عندئذ **يمكن تنظيم عمل جماعي للبلدوزرات** بحيث يعمل أكثر من بلدوزر جنباً إلى جنب مما يؤدي إلى **رفع الإنتاجية** بشكل كبير بسبب التقليل من فقدان الأتربة.
- التربة المنقولة يتم وضعها ورصها في منطقة الردم على شكل طبقات، سماكة الطبقة الواحدة يتعلق بإمكانية آليات الرص.

4. مسارات البلدوزر:

يمكن أن يتم تشغيل البلدوزرات وفق مسارين مختلفين:



1. إذا كانت المسافة الوسطية لجرف التربة من $5 - 20m$ فيفضل في هذه الحالة أن يعود البلدوزر إلى نقطة البدء بحركة تراجعية إلى الخلف وفق المسار المبين على الشكل أي دون القيام بعملية الدوران وذلك بهدف التقليل من الزمن اللازم لهذه العملية.



2. أما إذا كانت المسـافة أكبر من ذلك فيفضـل أن يقوم البلدوزر بالدوران وفق المسار المبين على الشكل.

🡸 علما أن المســار الملائم للبلدوزر له علاقة ليس فقط **بمســافة نقل التربة**، وإنما **بأبعاد الآلية** أيضــاً، لذلك يفضـل اختيار أحد هذين المسـارين بشـكل تجريبي، وذلك من خلال قياس زمن دورة عمل البلدوزر بالكامل وفق كل مسار على حدى بدءً من كشط التربة ومن ثم نقلها إلى مكان الردم والعودة إلى مكان الحفر.

2. الكاشطات..... *SCRAPERS* :

- يتألف هذا النوع من الآيات من وحدة طاقة وقيادة *power unit* ذات قدرة كبيرة جداً وهي القاطرة في هذه الآلية، وصندوق مقطور *Scraper bowl* لكشط وحمل التربة مجهز بشفرة في قاعدته، أنظر الشكل.

- **تستخدم الكاشطة:** لحفر الطبقات السطحية من التربة وتحميلها إلى الصندوق ونقلها إلى منطقة الردم وفرشها على طبقات تصل سماكتها حتى $40cm$، وذلك أثناء حركه الآلية وتسويتها أيضاً من خلال عملية الرص المبدئية التي تطبق بنتيجة مرور الدواليب الخلفية على التربة أثناء عملية التفريغ.
- تعتبر الكاشطات مناسبة جداً لتنفيذ السطوح الواسعة (مثل المطارات والساحات والطرق السريعة) وذلك بشكل مستو ودقيق نسبياً، وهي تتوفر بثلاثة أشكال:
  - كاشطات مقطورة بواسطة أليات مجنزرة $Crawler - drawn\ scraper$.
  - كاشطات ثنائية المحاور $Two - axle\ scraper$. (يعني صفين دوليب)
  - كاشطات ثلاثية المحاور $Three - axles\ scraper$. (3 صفوف دوليب متل الصورة)

✱ **مجال عمل الكاشطات:** يتراوح بين $100 - 2000m$، وفي بعض الحالات قد تصل مسافة النقل حتى $4000m$.

- من حيث المبدأ لا يوجد ما يمنع من نقل التربة إلى مسافات أبعد من ذلك، ولكن بما أن الكاشطة آلية حفر ونقل، فهذا يقضي بعدم تعطيل ميزة الحفر التي تتمتع بها الكاشطة لفترات طويلة بسبب تشغيلها كآلية نقل، لذلك في حال كانت مسافات نقل التربة طويلة نسبياً، عندئذ يفضل تنفيذ العمل بواسطة تقنيات أكثر جدوى، على سبيل المثال مجارف آلية أو تركسات مع شاحنات نقل قلاب.

✱ **صندوق الكاشطة :**

- التصميم والوظيفة الأساسية لصندوق الكاشطة هي نفسها في الأشكال الثلاثة للكاشطات.
- وهو يتألف من وعاء على شكل صندوق قاعدته مجهزة بشفرة قطع $cutting\ edge$ قادرة بعد خفض الصندوق وغرس الشفرة في التربة على قص وتحميل الطبقة السطحية منها بعمق قد يصل حتى $30cm$ ، حيث أنه مع جر الصندوق إلى الأمام، تندفع التربة المحفورة بالقوة إلى داخل الصندوق وعندما يمتلئ يتم رفع الشفرة من أجل إغلاق قاعدة الصندوق.

- يمكن تفريغ التربة من خلال خفض الجزء الأمامي من الصندوق ودفع التربة خارجاً بواسطة ترس موجود في مؤخرة الصندوق أو أن يتم رفع الجزء الخلفي من الصندوق وتفريغ التربة تحت تأثير الجاذبية الأرضية واهترازات الصندوق الناجمة عن سير الآلية إلى الأمام.

◈ في حال كون **التربة غضارية متماسكة جداً** فإن عمل الكاشطات يصبح تقريباً غير مجد، في هذه الحالة يمكن تزويد شفرة الوعاء بأسنان من أجل خلخلة التربة ورفع الإنتاجية، بينما في التربة الغضارية غير المتماسكة يكون للأسنان نتائج سلبية على الإنتاجية.

إدارة تشغيل الكاشطات:

- في كثير من الحالات لا تكون قدرة المحرك كافية وحدها لتحقيق ملء الصندوق بالكامل، لذلك يقوم الكثير من المقاولين غالباً بالاستعانة ببلدوزر من أجل تحقيق هذا الهدف، حيث يقوم بدفع الكاشطة من الخلف في الأمتار الأخيرة من عملية الكشط.

- من الضروري جداً أن يتم تحديد عدد الكاشطات اللازمة لتنفيذ أعمال التسوية المطلوبة ومن ثم تحديد عدد البلدوزرات اللازمة للمساعدة في عملية الكشط، على أساس تأمين العمل المستمر لكافة الآليات المشاركة في تنفيذ الأعمال الموكلة إليها.
- إيجاد عدد الكاشطات التي يمكن لبلدوزر واحد أن يساعدها يتم من خلال معرفة دور البلدوزر الدافع ودور الكاشطة، وذلك من خلال العلاقة التالية:

$$N = \frac{T_s}{T_p}$$

T_s : دور الكاشطة. T_p : دور البلدوزر الدافع.

- **دور الكاشطة** يساوي مجموع الأزمنة الجزئية اللازمة لتحميل الكاشطة والذهاب إلى مكان التفريغ والعودة منه والتفريغ.

- **دور البلدوزر الدافع** يساوي الزمن اللازم لدفع الكاشطة مضافاً إليه الزمن اللازم للمناورة والبدء بدفع الكاشطة التالية. يقوم البلدوزر الدافع بمساعدة الكاشطة أثناء التحميل من خلال عدة مسارات.

- تعبئة الوعاء يجب أن تتم على مسار مستقيم أو على مسار لا يقل نصف قطر دورانه عن $50m$، وهذا له علاقة بأبعاد الكاشطة.
- كما يمكن في بعض الأحيان الاستغناء عن البلدوزرات والاستعانة بكاشطات مزوَّدة بسير ناقل داخل الصندوق يساعد في نقل التربة إلى مؤخرة الصندوق وبالتالي تخفيف المقاومات الناجمة عن دفع التربة إلى الخلف.

من أجل الوصول إلى أكبر إنتاجية وفعالية لعمل الكاشطات وبأقل كلفة ممكنة يجب أخذ الإجراءات التالية بعين الاعتبار:

- أثناء العمل في ظروف التربة القاسية، يجب ترطيب سطح التربة أولاً وخلخلته بواسطة الريبر أو أن تتم مساعدة الكاشطة في قص التربة عن طريق دفعها بواسطة آلية دفع ثقيلة *pushing vehicle* مثل البلدوزر .
- حيثما كان ممكناً يجب أن تتم عملية القطع من خلال عمل الآلية هبوطاً وذلك للاستفادة أكثر ما يمكن من ميزة وزن الآلية.
- جميع الطرقات يجب أن تكون ممهدة وذلك لكي تعمل الآليات بأقصى سرعة ممكنة.
- يجب التأكد من الحفاظ على ضغط الدواليب الموصى به وذلك لكي لا تتعرض الآلية أثناء الحركة إلى مقاومات إضافية.

- ليس بالضرورة أن يقلل تحميل الكاشطة لأقصى حد ممكن من كلفة نقل التربة، بل على العكس، فقد بينت التجارب أن ذلك قد يقلل من إنتاجية الكاشطة ويزيد كلفة نقلها وخاصة أن تحميل الكاشطة يتطلب تشغيل المحرك بأعلى قدرة ممكنة.

⊂ مسارات عمل الكاشطات :

♣ س.د: عدد العوامل المؤثرة في اختيار مسارات الكاشطات.

❖ تنظيم عمل الكاشطات يتم وفق مسارات حركة محددة واختيار أحد هذه المسارات يتعلق بـ:

- أبعاد رقعة العمل
- وتوضع مناطق الردم بالنسبة لمناطق الحفر
- الفرق في المنسوب بين منطقتي الحفر والردم.

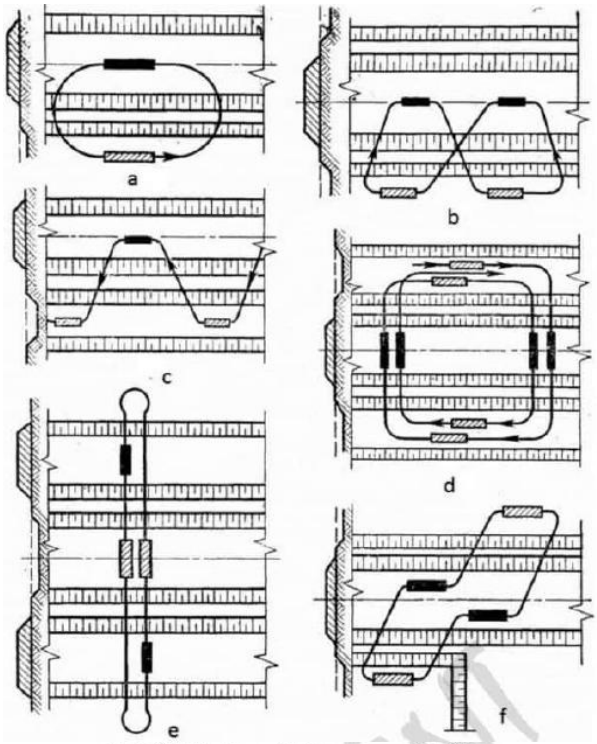
◈ المسار على شكل قطع ناقص:

أنظر الشكل (a) وهو يُعتمد من أجل تنفيذ الردميات القليلة الارتفاع (أقل من $2m$) ومن أجل جبهة عمل يتراوح طولها بين $\underline{\mathbf{150-50m}}$.

من سلبيات هذا المسار:

- قيام الكاشطة بالدوران $180°$ مرتين في كل دورة، مما يقلل من إنتاجيتها.
- كما أن عمل الكاشطة وفق هذا المسار يتم دائماً باتجاه واحد، أي مع عقارب الساعة أو بعكسها مما يؤدي إلى اهتراء غير متوازن لدواليب الكاشطة، لذلك يجب تغيير اتجاه حركة الكاشطة وفق هذا المسار بشكل دوري.

▲ انتبه على الشكل الرمز ▭ يعبر عن الكشط (الحفر)والرمز ▬ يعبر عن الردم أي تفريغ الكاشطة. وانتبه للسهم الذي يعبر عن حركة الكاشطة، وأيضاً للمقطع بجانب كل مسار.



الشكل يبين: مسارات عمل الكاشطات

◈ المسار على شكل لا نهاية:

- عندما يتراوح طول جبهة العمل بين $\underline{\mathbf{150-300m}}$ عندئذ يمكن الانتقال إلى هذا المسار،الشكل (b).
- **ويتميز** عن المسار على شكل قطع ناقص بأنه يحتاج إلى دوران واحد في كل عملية كشط و ردم.

◈ المسار المتناوب:

- إذا كان طول جبهة العمل $\underline{\mathbf{أكبر\ من\ 300m}}$ عندئذ يمكن اعتماد هذا المسار أنظر الشكل (C)
- **ومن مميزاته** أنه يقلل زوايا دوران الآلية إلى الحد الأدنى.

كافة المسارات المذكورة أعلاه تكون مناسبة من أجل المشاريع الطولية والتي تكون فيها مناطق الحفر موازية لمناطق الردم وتحدها من جهة واحدة أو من الجهتين.

◈ المسار الحلزوني:

- في حال تنفيذ المشاريع التي تكون فيها مناطق الحفر متوضعة من الجهتين بالنسبة لمنطقة الردم وموازية لها، عندئذ يمكن اعتماد هذا المسار أنظر الشكل (d).
- حيث يتم كشط التربة من جانبي الردمية باتجاه مواز لمحور الردمية ويتم الردم على مسار متعامد مع محور الردمية بشـــرط أن يســـمح عرض الردمية بذلك. كما يمكن للردميات أن تكون موازية لمنطقة الحفر من الجهتين، عندئذ يجب أن تتعامل مع ذلك بشكل معاكس لما تم شرحه أعلاه.

◈ كما يمكن اعتماد مسارات أخرى مبينة على الشكل وذلك بما يتناسب مع أبعاد رقعة العمل.

III. آليات التسوية السطحية (الغريدرات بمختلف أشكالها *GRADERS*)

- تعتبر الغريدرات آليات شـبيهة بالبدوزرات من حيث تجهيزها بترس إما في مقدمة الآلية أو في وسـطها، حيث يكون معلقاً على هيكل الآلية في الوسط بين الدواليب الأمامية والخلفية، أنظر للشكل بالأسفل.
- تسـتخدم الغريدرات من أجل التسـوية الدقيقة والنهائية للسـطوح الترابية الكبيرة التي تم كشـطها أو ردمها وفق المناسيب المطلوبة.
- هذه الآليات يمكن استخدامها فقط من أجل أعمال التسوية وذلك لأن قدرتها ضعيفة نسبياً، وهي بشكل عام لن تكون فعالة في حال استخدامها في أعمال الحفر.

⊂ مجالات استخدام الغريدر:

ترس

- تمهيد السطوح وتسويتها وإعطاء المقطع الشكل المطلوب.
- مزج الأتربة ومواد البناء.
- صيانة الطرقات المؤقتة في موقع العمل.
- تنفيذ الميول الجانبية.

⊂ طريقة عمل الغريدر :

يعتمد عمل الغريدر على إعطاء الترس الوضعية الفراغية المناسبة من أجل تنفيذ المقطع المطلوب للسطح وفق المناسيب التصميمية، حيث يقوم الغريدر خلال سيره بجرف الطبقات السطحية للتربة بواسطة الترس وتوزيعها بشكل مستو على كامل السطح.

♣ س.د: عدد ثلاثة أشكال من الآليات المستخدمة في تنفيذ الأعمال الترابية مع ذكر وظيفة كل منها بشكل مختصر؟

♣ س.د: عدد أشكال المجارف الآلية المزودة بوعاء حفر واحد المستخدمة في تنفيذ الأعمال الترابية مع بيان مجال استخدام كل منها.

- **المجرفة الأمامية:** وتقوم بحفر تربة الجدران الشاقولية التي تقع فوق المنسوب الذي تقف عليه وتحميلها إلى آليات النقل أو تفريغها بجانب الحفرية.
- **المجرفة الخلفية:** تتموضع المجرفة العكسية في الجهة المرتفعة من جبهة العمل وتقوم بحفر التربة التي تقع تحت المنسوب الذي تقف عليها.
- **الدراغلاين:** طريقة عمل هذه المجرفة هي رمي الاسطل إلى منطقة الحفر بعيداً قليلاً عن المحور الشاقولي للخطاف ومن ثم سحبه على سطح التربة مما يؤدي إلى ملء الاسطل. بعد ذلك يتم رفعه إلى سارية الرافعة ونقله إلى مكان التفريغ عن طريق تدوير هيكل الرافعة. (إضافة من عندي: وتستخدم لحفر الخنادق والأقنية وأيضا لتنظيف الأنهار واستخراج الأتربة منها)
- **البلدوزر:** يقوم البلدوزر بحفر الطبقات السطحية من التربة بعمق من $15 - 40cm$ (حسب مواصفات الآلية والتربة) ونقلها إلى مكان الردم عن طريق دفعها بواسطة الترس.
- **الغريدر:** تستخدم الغريدرات من أجل التسوية الدقيقة والنهائية للسطوح الترابية الكبيرة التي تم كشطها أو ردمها وفق المناسيب المطلوبة.

♣ س.د: بين مجال استخدام كل من البلدوزرات والكاشطات والغريدرات..

♣ س.د: قارن بين البلدوزرات والغريدرات والمجرفة الأمامية من حيث المجالات المجدية لكل آلية.

البلدوزر	
مجال الاستخدام	**المجال المجدي**
▪ يقوم البلدوزر بحفر الطبقات السطحية من التربة بعمق من $(15 - 40cm)$ (حسب مواصفات الآلية والتربة) ونقلها إلى مكان الردم عن طريق دفعها بواسطة الترس. ▪ كما يعتبر البلدوزر آلية مناسبة لأعمال التسوية وتنفيذ الحفريات وردم الخنادق والكثير من الأعمال المشابهة. ▪ معالجة التربة بواسطة البلدوزر تتم من خلال ثلاث عمليات رئيسية وهي : 1. حفر $(taking\ up)$. 2. نقل $(transporting)$. 3. ردم $(placing\ soil)$.	**المجال المجدي** لعمل البلدوزر يتراوح بين $10 - 50m$ إذا كان البلدوزر يعمل على سطح أفقي، وحتى $100m$م إذا كان البلدوزر يعمل على سطح مائل هبوطاً.

الكاشطات	
مجال الاستخدام	**المجال المجدي**
• تستخدم الكاشطة لحفر الطبقات السطحية من التربة وتحميلها إلى الصندوق ونقلها إلى منطقة الردم وفرشها على طبقات تصل سماكتها حتى $40cm$، وذلك أثناء حركة الآلية وتسويتها أيضاً من خلال عملية الرص المبدئية التي تطبق بنتيجة مرور الدواليب الخلفية على التربة أثناء عملية التفريغ. • تعتبر الكاشطات مناسبة جداً لتنفيذ السطوح الواسعة (مثل المطارات والساحات والطرق السريعة) وذلك بشكل مستو ودقيق نسبياً.	• يتراوح **مجال عمل الكاشطات** بين $100 - 2000m$، وفي بعض الحالات قد تصل مسافة النقل حتى $4000m$. • من حيث المبدأ لا يوجد ما يمنع من نقل التربة إلى مسافات أبعد من ذلك، ولكن بما أن الكاشطة آلية حفر ونقل، فهذا يقضي بعدم تعطيل ميزة الحفر التي تتمتع بها الكاشطة لفترات طويلة بسبب تشغيلها كآلية نقل. • لذلك في حال كانت مسافات نقل التربة طويلة نسبياً، عندئذ يفضل تنفيذ العمل بواسطة تقنيات أكثر جدوى، على سبيل المثال مجارف آلية أو تركسات مع شاحنات نقل قلاب.

الغريدرات	
مجال الاستخدام:	**المجال المجدي:**
▪ تمهيد السطوح وتسويتها وإعطاء المقطع الشكل المطلوب. ▪ مزج الأتربة ومواد البناء. ▪ صيانة الطرقات المؤقتة في موقع العمل. ▪ تنفيذ الميول الجانبية.	لا يوجد بشكل واضح بسلايدات الدكتور لكن بالكتاب: الوظيفة الأساسية هي التسوية السطحية لكن يمكن أن تستخدم الغريدرات من أجل القيام بعمليات جرف التربة لمسافة لا تتجاوز $30m$ إذا كانت التربة تسمح بذلك..

المجرفة الأمامية	
مجال الاستخدام:	**المجال المجدي:**
▪ وتقوم بحفر تربة الجدران الشاقولية التي تقع فوق المنسوب الذي تقف عليه وتحميلها إلى أليات النقل أو تفريغها بجانب الحفرية.	• في حالات قليلة قد تقوم المجرفة الأمامية بحفر التربة تحت منسوب وقوفها بعمق يتراوح بين $30 - 200cm$ وذلك حسب إمكانيات المجرفة. • **تتمتع المجرفة الأمامية بأعلى إنتاجية بين بقية أشكال المجارف** حيث أنها قادرة على تحميل بحدود 80 سطل في الساعة تقريباً.

إنتاجية آليات الأعمال الترابية

1. إنتاجية المجارف الآلية :

♣ س.د : ما هي العوامل المؤثرة على إنتاجية المجارف الآلية وبيّن كيفية حساب إنتاجية هذه المجارف في مختلف الظروف.

➢ تتأثر إنتاجية المجارف الآلية بالعوامل التالية:

- نوع التربة.
- زاوية نوران المجرفة الآلية من أجل التفريغ.
- نوع آلية الحفر، وبنية سطل الآلية (أسنان أو شفرة لقص التربة).
- أبعاد الحفرية وشكلها.

◈ تحسب الإنتاجية الفعلية للمجارف الآلية من العلاقة:

$$Q = V * n * \eta_1 * \eta_2$$

Q : الإنتاجية العملية في الساعة (m^3/h).

V : حجم وعاء الحفر (m^3).

η_1 : عامل يتعلق بتغير حجم الأتربة بنتيجة الخلخلة.

η_2 : عامل يتعلق بملء الوعاء.

n : عدد الأدوار بالساعة ويحسب من العلاقة:

$$n = \frac{3600}{\Psi * \sum t_i} = \frac{3600}{T}$$

T : دور الحفر (بالثانية).

Ψ : عامل يتعلق بتداخل الأزمنة التي تدخل في دور العمل ويتعلق بمهارة السائق بالدرجة الأولى.

$\sum t_i$: مجموع الأزمنة الجزئية التي يتألف منها دور الحفر ويساوي:

$$\sum t_i = t_1 + 2t_2 + t_3$$

حيث:

t_1 : زمن الحفر (خلخلة التربة وتعبئة السطل) بالثانية.

t_2 : زمن الدوران أو العودة (ذهاباً وإياباً) بالثانية.

t_3 : زمن تفريغ السطل بالثانية.

➢ وقد دلت مراقبة عمل المجارف أنه من أجل ظروف عمل عادية فإن الأزمنة الجزئية تساوي نسبة من الدور T وهي:

$$t_1 = 0.3T \qquad 2t_2 = 0.6T \qquad t_3 = 0.1T$$

- في حال كانت ظروف العمل أو نوع التربة لا تسمحان بملء الوعاء خلال عملية جرف واحدة، فيمكن أن تقوم الآلية بإعادة الجرف مرة أخرى من أجل ملء الوعاء، فيصبح الدور في هذه الحالة :

$$T' = 2t_1 + 2t_2 + t_3 = 1.3T$$

➢ نلاحظ أن دور المجرفة بعد إعادة عملية الجرف تزيد مدته 30% وهذا طبيعي. لكي تكون عملية إعادة الجرف مجدية اقتصادياً فإن عامل ملء الوعاء يجب أن يزداد بنسبة ازدياد الدور نفسه، أي يجب أن تتحقق العلاقة التالية:

$$\frac{\eta_2'}{\eta_2} > \frac{T'}{T} \ , \ \eta_2' > \frac{T'}{T} * \eta_2$$

T' : الدور مع إعادة الجرف. η_2' : عامل تعبئة الوعاء مع إعادة الجرف.

T : الدور دون إعادة الجرف. η_2 : عامل تعبئة الوعاء دون إعادة الجرف.

➢ وإذا لم تتحقق العلاقة، عندئذ يكون من غير المجدي إعادة عملية الجرف.

2. إنتاجية البلدوزرات:

◈ البلدوزر آلية ذات عمل دوري، وبالتالي من أجل حساب الإنتاجية يكون من الضروري معرفة دور الآلية، الذي يتعلق بنوع الآلية وبظروف العمل .

◈ تقدر إنتاجية البلدوزر بكمية التربة التي يستطيع معالجتها خلال واحدة الزمن وتعطى بالعلاقة:

$$Q = V * \left(\frac{3600}{T}\right) * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

حيث:

Q : الإنتاجية العملية في الساعة (m^3/h).

V : سعة وعاء الحفر (الترس) (m^3).

η_1 : عامل يتعلق بتغير حجم الأتربة بنتيجة الخلخلة.

η_2 : عامل يتعلق بملء الترس.

η_3 : عامل استغلال الزمن.

T : دور الآلية ويتألف من زمن ثابت وزمن متغير:

$$T = t_{const} + t_{var}$$

t_{const} : وهو مجموع الأزمنة اللازمة لتغيير وضـــعية علبة الســـرعة وتغيير اتجاه الحركة ورفع أو تنزيل الترس ويقدر مجموع هذه الأزمنة بـ $25sec$.

$$t_{const} = t_1 + t_2 + t_3$$

t_{var} : الزمن المتغير، وهو مجموع الأزمنة الجزئية اللازمة من أجل كشـــط التربة ونقلها إلى المكان المحدد والعودة إلى مكان الحفر ، ويساوي:

$$t_{var} = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{(L_1 + L_2)}{V_3}$$

L_1 : المسافة اللازمة لكشط التربة.		L_2 : المسافة اللازمة لنقل التربة إلى مكان الردم.
V_1 : سرعة الكشط.	V_2 : سرعة الجرف.	V_3: سرعة العودة.

◈ **حجم كمية التربة المتجمعة أمام الترس تحسب من العلاقة:**

$$V = \frac{(L * H^2 * \mu)}{2 * \tan\phi} \quad [m^3]$$

L : طول الترس. H : ارتفاع الترس. ϕ : زاوية الميل الطبيعي للتربة.

μ : عامل فقدان التربة خلال الجرف وهو يساوي:

$\mu = 1$	من أجل مسافة جرف	$L = 20m$
$\mu = 0.45$	من أجل مسافة جرف	$L = 50m$
$\mu = 0.2$	من أجل مسافة جرف	$L = 100m$

3. إنتاجية الكاشطات:

$$Q = V * \left(\frac{60}{T}\right) * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

Q : الإنتاجية العملية في الساعة (m^3/h).

V : سعة وعاء الحفر (m^3).

η_1 : عامل يتعلق بتغير حجم الأتربة بنتيجة الخلخلة.

η_2 : عامل يتعلق بملء الترس.

η_3 : عامل استغلال الزمن.

T : دور عمل الآلية، ويساوي:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

➤ حيث الأزمنة الجزئية هي على التوالي: زمن خلخلة التربة وتعبئة الوعاء، زمن نقل التربة، زمن تفريغ التربة، زمن العودة والمناورة.

4. إنتاجية الغريدرات :

◈ يعتمد عمل الغريدر على إعطاء الترس الوضـــعية الفراغية المناســـبة من أجل تنفيذ المقطع المطلوب، حيث يقوم الترس بجرف الطبقات السطحية العليا للتربة وتوزيعها بشكل منتظم على السطح.

◈ **تحسب إنتاجية الغريدر من العلاقة التالية:**

$$A = \frac{60 * L * (l * cos\alpha - 0.5)}{m * (\frac{60 * L}{1000 * v} + t_1)} * \eta$$

A : إنتاجية الغريدر المقدرة بالســـطح الممهد خلال ساعة (m^2/h). (انتبه للواحدة متر مربع مو مكعب)	m : عدد الأشواط اللازمة من أجل تمهيد السطح.
L : طول الشوط (m).	v : سرعة الالية خلال التمهيد.
l : طول الترس (m).	t_1 : الزمن اللازم من أجل تغيير اتجاه الآلية.
α : زاوية ميلان الترس عن الوضعية الجبهية له.	η : عامل استغلال الزمن.
0.5 : عامل تصـــحيح يأخذ بعين الاعتبار تداخل الأشواط.	

(((((((انتهت المحاضرة الرابعة)))))))