

دراسة تأثير عمق الحراثة على السلوك الميكانيكي لمحراث مطرحي محمول محلي ثنائي البدن باستخدام المحاكاة الحاسوبية

محمد عبود غانم*

وئام كامل معلا**

(تاريخ الإيداع ١٥ / ١٢ / ٢٠١٩ . قبل للنشر ٨ / ٣ / ٢٠٢٠)

الملخص

أجريت دراسة السلوك الميكانيكي لمحراث مطرحي محمول ثنائي البدن، تحت تأثير عدة أعماق مختلفة للحراثة (١٤,١٦,٢٠,٢٤)cm. وإجراء المحاكاة الحاسوبية باستخدام برنامج الـ SOLIDWORK 2018، وذلك بعد أخذ القيم الأعظمية لقوى مقاومة التربة المقاسة حقلياً. أظهرت نتائج المحاكاة السكونية زيادة في قيمة الإجهاد المكافئ مع زيادة عمق الحراثة، بحيث كانت قيم الإجهاد المكافئ كالتالي: (259.35, 279.651, 313.868, 408.151)Mpa وذلك على أعماق الحراثة المدروسة:

(14,16,20,24)cm على الترتيب، والانزياحات: (٢٠,٢٦٨, ٢٢,٠٠, ٢٥,١٣١, ٣٣,٥٤٥)mm على الترتيب مع الأعماق المدروسة. بينت نتائج قوى القص المؤثرة على براغي تثبيت قصبه المحراث بالبدن أن قوى القص العظمى كانت عند العمل على عمق (20)cm حيث بلغت (19)KN، بينما كانت قيمة قوة القص (14.3)KN عند عمق الحراثة (24)cm، لم يحدث تغير كبير في قيمة إجهاد القص المؤثر بزيادة زمن الاختبار لجميع أعماق الحراثة. كما أظهرت نتائج دراسة التعب أن المحراث يعمل بأمان ضمن شروط العمل الحقلية، بينما كانت قيم الحياة في الشروط الحدية للعمل (١٨٦١٤٥)cycles عند عمق حراثة (٢٤)cm وذلك عند نسبة تحميل (٣,٥١) في بيئة عمل البرنامج، كانت قيم معامل الأمان أقل من الواحد وذلك في الشروط الحدية لكافة أعماق الحراثة عند نسبة التحميل المذكورة (٠,٩٤٠ , ٠,٩٨١ , ٠,٩٧٥ , ٠,٩٢٥).

الكلمات المفتاحية: برنامج الـ SOLIDWORK - الإجهاد - الانزياحات - دراسة التعب - المحراث المطرحي.

*أستاذ في قسم هندسة المكننة الزراعية في كلية الهندسة التقنية بجامعة طرطوس.

**ماجستير في هندسة المكننة الزراعية في كلية الهندسة التقنية بجامعة طرطوس.

Study the tillage depth effect on local, Two-blade portable moldboard plough Mechanical behavior using numerical simulation

Mohamed A.Ghanem*
Weam K.Malla**

(Received 15 / 12 / 2019 . Accepted 8 / 3 / 2020)

ABSTRACT

In this paper a portable moldboard plough was studied. A numerical model was done using SOLIDWORK 2018 software, the mechanical response was analyzed at varied tillage depth as follows (14, 16, 20, 24)cm respectively . The maximum soil resistance forces which measured in the field were applied.

From the results: when the tillage depth increased the von-misses stress increase in no proportional ratio the values of the increase are (259.356, 279.651, 313.868,408.151)Mpa with the increased depth respectively, the displacements are in the next values as follows: (20.268, 22.00, 25.31,33.545)mm. Shear forces on the bolts are in the maximum value (19) KN at depth of (20)cm while at the tillage depth (24)cm is (14.3) KN, shear stress diagram during the simulation time doesn't change a lot for the studied depths. The dynamic analysis to study the life time of the plough shows that the plough worked safely under the work condition of the experiment but in the harsh and most dangerous conditions, the failure occurs in the bolt hole with total life (186145) at depth of (24)cm when the load ratio (3.51), while the minimum load factor are in the next values respectively with the depth (0.925, 0.975, 0.981, 0.940).

key words : solidwork - von-misses - displacement - fatigue study - moldboard plough.

*Professor - Department of Agricultural mechanization Engineering- Faculty of Technical Engineering - Tartus University - Tartus – Syria

**Master of Agricultural mechanization Engineering - Department of Agricultural mechanization Engineering - Faculty of Technical Engineering - Tartus University - Tartus - Syria

مقدمة:

تعرف المكننة الزراعية على أنها ميكنة أنشطة الإنتاج الزراعي باستخدام مصادر الطاقة والآلات الزراعية (AKINICI.I, 2011). وفي سياق التطور التاريخي، تم استبدال الأدوات اليدوية التي تعمل بالطاقة البشرية أولاً بأدوات تعمل بالطاقة الحيوانية ثم تم تطويرها آلياً بواسطة النظم الميكانيكية (OKURSOY.R, 2012). وقد اكتسب تصميم وتطوير الآلات الزراعية عالية الجودة ومنخفضة التكلفة على المدى القصير أهمية من أجل تلبية الاحتياجات المختلفة الناشئة في الأعمال الزراعية (SELVI.K; KABAS.Ö, 2018). بداية لا بد من فهم التأثير المتبادل الحاصل بين التربة والأسطح الملامسة لها كأساس لفهم القوى والإجهادات الناشئة لاحقاً في الآلات الزراعية نتيجة تعاملها مع التربة. وقد أسهمت علوم الكمبيوتر والبرمجيات في تسهيل التعامل مع القوى والإجهادات ودراساتها بشكل تحليلي إلى جانب دعم الدراسة التحليلية بالدراسة الحقلية التجريبية. كما تعد طريقة العناصر المنتهية (FEM) إحدى أهم الطرق المعتمدة حالياً في هذه الدراسة. المعادلة الأساسية المستخدمة في حالة التحليل في النظام الستاتيكي (CHANDRUPATLA.TR; BELEGUNDU.AD,1991):

$$(1) \quad [K][U]=[R]$$

حيث: [K] مصفوفة الصلابة، [U] مصفوفة الإزاحات، [R] مصفوفة ردود الأفعال في العقد. وفي حالة التحليل في النظام الديناميكي هناك قوى أخرى يجب إضافتها إلى المعادلة السابقة: (قوى التخمد والعطالة) فتصبح المعادلة:

$$(2) \quad [M][\ddot{U}] + [C][\dot{U}] + [K][U] = [R]$$

حيث: [M]: مصفوفة الكتلة، [C]: مصفوفة التخمد، [U]: مصفوفة التسارع، [U]: مصفوفة السرعة (CHANDRUPATLA.TR; BELEGUNDU.AD, 1991).

يعود تطبيق طريقة العناصر المنتهية في دراسة القوى في مجال التربة والآلات الزراعية إلى العام ١٩٦٠ لدراسة ردود الأفعال بين التربة والآلات العاملة في التربة بشكل عام (LUTH. HJ, WISMER. RD, 1971). إضافة إلى استخدام هذه الطريقة في تصميم أدوات الحراثة بكافة أنواعها وذلك بغية تطوير المحارث المستخدمة لتتناسب بيئة العمل بأقل تكلفة محارث حفارة (FIELKE.JM, 1988)، مطرحية (FORMAT.A, et al, 2005)، وقرصية (ABU-HAMEDH.NH, et al, 2003). ففي دراسة لتحليل الإجهادات الناتجة في ثلاثة أشكال من أسلحة المحارث المطرحية باستخدام طريقة العناصر المنتهية، سجل السلاح المقطع أقل إجهاد وأقل نسبة انحراف تلاه في ذلك السلاح التقليدي ثم السلاح الفأسي مسجلاً أعلى قيمة (دحام وعبد الله، ٢٠١٨). وبالاعتماد على طريقة العناصر المنتهية أمكن تطوير تصميم المحراث المطرحي وأظهر التحليل تركيز الإجهاد الأعظمي في منطقة صدر المحراث وبقيم أقل في النموذج المطور مقارنة بالمحراث الاعتيادي (علي وآخرون، ٢٠٠٧).

كما أظهرت نتائج دراسة على محراث مطرحي من شركة AGRO-MASZ باستخدام طريقة العناصر المنتهية، وذلك بتطبيق ثلاث قيم من الضغوط (0.1, 0.2, 0.4)Mpa أن الإجهادات الحاصلة تزداد مع زيادة الضغوط المطبقة، كذلك مكنت هذه الطريقة من تحديد الأماكن الأكثر تعرضاً للخطر، مما يمكن من تقويتها بالمعالجة الحرارية واختيار المادة الأنسب في التصنيع، وهذا بدوره يقلل من تكلفة الإنتاج، ويتيح المجال أمام مزيد من التحسين في التصنيع مستقبلاً (SEBASTIAN.G,etal, 2014).

وفي دراسة على المحراث تحت التربة لتحليل الإجهادات باستخدام المحاكاة الهندسية تبين أن الإجهاد الأعظمي يتركز في أماكن الثقوب حول براغي تثبيت القصبه بالهيكل وبقيمة (432.49)Mpa، وهي قيمة تتخطى حد الخضوع لمادة المحراث والتي تبلغ (355)Mpa، مما استدعى تحسين المحراث وذلك باعتماد طريقة العناصر المنتهية للحصول على تصميم نهائي محسن بقيمة عظمى للإجهاد (346.61)Mpa مع تخفيض في وزن المحراث المحسن بلغ (0.36)Kg (AKINICI.I, etal, 2010).

كما أظهرت دراسة أجراها CELIK.H.K وآخرون عام (2012) على أدوات الحراثة العميقة باستخدام طريقة العناصر المنتهية لتحديد الإجهادات في وصلات البراغي المستخدمة كنقاط ربط في المحراث أن قيمة الإجهاد الأعظمي بلغت في البراغي (298.61, 201.07, 338.35, 372.41)Mpa، وباعتبار أن إجهاد الخضوع للمادة هو (640)Mpa كانت الوصلة آمنة بشكل كامل، ولم يظهر أي احتمال للفشل بقيم معاملات أمان أكبر من الواحد أشارت الدراسة إلى إمكانية استبدال البرغي ذو عامل الأمان الأكبر بمادة ذات نوعية أقل، كما أوصلت الدراسة بإجراء دراسة تحليلية ديناميكية لمادة المحراث مع أخذ شروط بدء الحراثة بعين الاعتبار من أجل نتائج أكثر دقة وبالاعتماد على المبدأ الآتي: في حالة الحراثة بالمحراث المطرحي فإن ردود فعل التربة عند اختراق المحراث لها التي تتمثل بقوى مقاومة التربة النوعية تتوزع على سطح المطرحة مسببة تغير في قيم الانفعالات والإجهادات في سطح المطرحة في كل عقدة، وهذا المفهوم يعرف بـ مصفوفة الصلابة الذي يستخدم لحساب قيم الإجهاد والإنزياحات في كل عقدة من هيكل المحراث الهندسي (WEAVER.J.W; JOHNSTON.P.R, 1992)، وفي دراسة أجريت على محارث مطرحية بأشكال مختلفة من المطارح: (M1) narrow curved ذات انحناء ضيق، (M2) large curved ذات الانحناء الكبير، و (M3) arrow shaped سهمية الشكل، تم استخدام صندوق التمثيل ثلاثي الأبعاد (Three Dimensional Measuring)، تم تحليل البيانات المدخلة من صندوق القياس ثلاثي الأبعاد وقيم قوى مقاومة التربة النوعية وتم عرض النتائج باستخدام برنامج الـ UNAS2، حيث بينت النتائج توزع الإجهادات والانفعالات في جميع عقد المحارث المدروسة كقطاعات لونية متدرجة وذلك عند عمق حراثة (10)cm وبسرعة عمل (0.54)m/s، وكانت نتائج الدراسة كالتالي: [-285.1 to 398.60] N/cm² للنوع الأول (M1)، و [-63.77 to 379.70]N/cm² للنوع الثاني (M2)، و [-585.90 to 2429]N/cm² للنوع الثالث (M3)، وبذلك أمكن تحديد الأماكن الأكثر تعرضاً للخطر وبالتالي إمكانية تغيير أجزاء من المحراث (تعديل التصميم) من خلال إضافة أو تقليل أو تحسين خواص المواد في تلك الأماكن (KRAMADIBRATA.A, 2009).

وفي دراسة على المحراث multi plow MAU250 صُمم المحراث باستخدام برنامج الـ SOLIDWORK 2010 ثم تحليل الاستجابة الميكانيكية للمحراث، كانت قيم الإجهاد الأعظمي الحاصل (17704922)N/m² أما الانزياحات فكانت قيمها مهملة، وأمکن بالاعتماد على نتائج التحليل تحسين المحراث بتقليل وزنه بنسبة بلغت (25%) بحيث يبقى الإجهاد الحاصل أقل من الحد المسموح به، وبذلك يقل انضغاط التربة إلى جانب تقليل التكلفة الاقتصادية (LESLIE. J and AGUILA.M, 2015).

الهدف من البحث وأهميته:

الغرض من الدراسة استخدام برنامج الـ SOLIDWORK لتحليل توزع الإجهادات الناشئة في هيكل المحراث المطرحي ثنائي البدن تحت ظروف عمل محددة، وتحديد أماكن تركيز الإجهاد الأعظمي؛ وذلك عند أعماق حراثة مختلفة، إضافة إلى دراسة التعب لتحديد الأماكن الأكثر تعرضاً للخطر والتحطم وذلك عند نسبة التحميل الأخطر التي

يظهر وفقها الانهيار في نافذة البرنامج. تتبع أهمية البحث من ضرورة استخدام برامج المحاكاة الحاسوبية في مجال المكننة الزراعية في الجمهورية العربية السورية كعامل مهم وأساسي في تصميم الآلات الزراعية بصورة عامة بغية توفير الوقت والجهد والتكلفة المادية إلى جانب تحسين تصميم الآلات بما يلائم ظروف العمل المحلية والتنبؤ بالإجهادات وأماكن تركيزها في الآلات الزراعية تحت الأحمال المطبقة بما يمكن من تدعيم المنطقة الخطرة في التصميم وتحسين المواد الداخلة في تركيبها بما يتوافق وبيئة العمل في الظروف الحقلية.

مواد البحث وطرائقه:

التربة المختبرة هي تربة طينية في موقع سهل عكار - محافظة طرطوس (51%clay-12% sand)، حيث جرى تحليل العينات بعد أخذها من ثمانية مواقع مختلفة من الأرض ومن على عمق 50cm)، وبلغت الكثافة الظاهرية للتربة (1.75)Mg/m³، ومسامية التربة (٤٠,٦ %) على طول (٢٠) متراً وعرض (٥) أمتار. استُخدمت قيم حقيقية مقاسة لقوى مقاومة التربة النوعية (KN/m²)، حيث تم استخدام القيم الأعظمية المقاسة كقوى مؤثرة في المحراث قيد الدراسة، تم تحديد المقاومة النوعية للتربة لمحراث مطرحي باستخدام جهاز قياس قدرة السحب (دينامو متر نابضي) DILLION3000 ومن ثم حساب مقاومة التربة النوعية KN/m² من خلال المعادلة الآتية: (البناء، ١٩٩٠).
مقاومة التربة النوعية = قوة السحب (KN)/(عرض المحراث(m) * عمق الحراثة(m))

(٣)

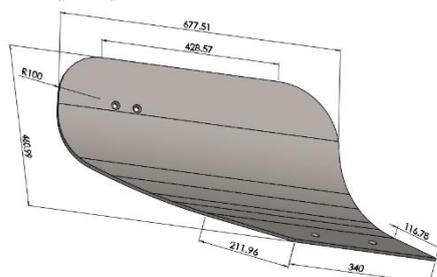
وجرى الاختبار على أربعة أعماق للحراثة هي: (14,16,20,24)cm، وقيم القوى المدخلة في البرنامج (الجدول ١) كما هي من نتائج القياس الحقلية.

الجدول (١) قوى مقاومة التربة النوعية

نوع المحراث	اسم المحراث	الرمز	عمق الحراثة (mm)	الحمل المطبق KN/m ²	سرعة العمل km/hr	نوع الربط بالهيكل
مطرحي	Moldboard Plow	MBP140	140	78.125	٦,١	صلب بواسطة براغي
		MBP160	160	75.7		
		MBP200	200	70.874		
		MBP240	٢٤٠	٧٩,٣٥٤		

جرى تصميم محراث مطرحي محمول ثنائي البدن بالأبعاد الموضحة في الشكل (١) باستخدام برنامج الـ SOLIDWORK.2018، حيث الأبعاد بـ الـ (mm)، والمواد المصنوع منها المحراث هي: السكة من الفولاذ الكربوني نوع AISI 1075، والبراغي التي تثبت أجزاء المحراث مصنوعة من الفولاذ السبائكي بخصائص ميكانيكية مبينة في الجدول (٢). الجرار المستخدم جرار (Ebro 70hp).

الشكل (١) تصميم المحراث المطرحي ثنائي البدن



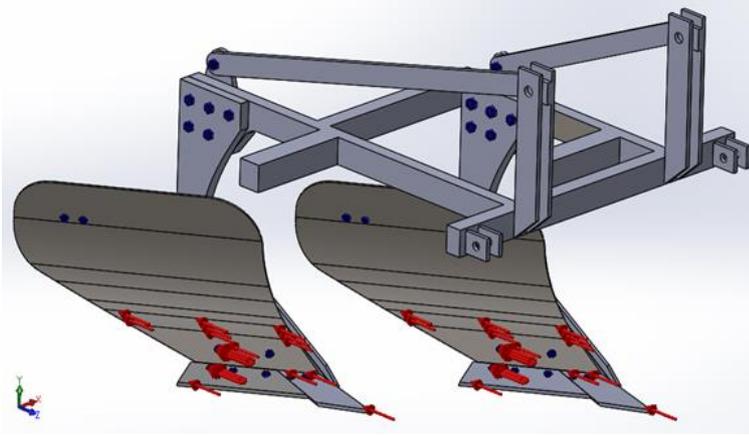
الجدول (٢) الخصائص الميكانيكية للمواد المستخدمة

نوع الفولاذ	إجهاد الخضوع [MPa]	مقاومة الشد القصوى [MPa]	معامل المرونة [GPa]	الكثافة [kg/m ³]	الكثافة [kg/m ³]
AISI 1075	598	720	205	7850	510
alloy steel	620	723	210	7700	412

المحاكاة الهندسية:

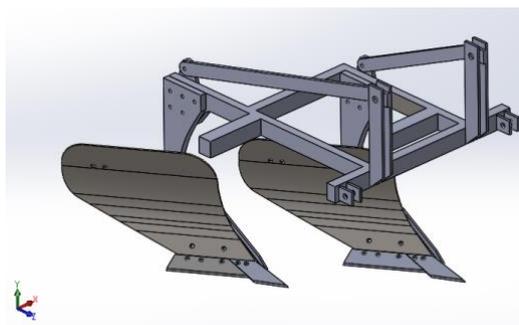
١- الدراسة السكونية اللاخطية non-linear static

أُجريت دراسة إستاتيكية لا خطية Non-Linear Static، واختير المعالج FFEPlus في معالجة البيانات (هذا المعالج يناسب مواصفات الحاسب المستخدم في المحاكاة). أُجريت المحاكاة خلال مدّة زمنية تقدر بـ ١٩٠ ثانية، وهو الزمن الذي يستغرقه المحراث لقطع مسافة الاختبار تقريباً وبخطوة زمنية تعادل ١٩ ثانية، أي أن البرنامج سيأخذ قراءة كل ١٩ ثانية من زمن المحاكاة حتى الزمن الكلي والذي يبلغ ١٩٠ ثانية. جرى إدخال قوى المقاومة النوعية للتربة بالتأثير على السطوح الفعالة وفق عمق الحراثة المختبر وسرعة العمل، وبحيث تعاكس اتجاه الحركة الأمامية للمحراث (الشكل 2-A) وتم تجاهل مواضع اللحام واعتبارها متجانسة كلياً مع نوع المعدن الأصلي، كما جرى اعتبار درجة حرارة الانفعال (298K zero strain temperature)، وجرى إدخال البيانات الخاصة بالخصائص الميكانيكية لمعدن المحراث ضمن بيئة البرنامج، وتثبيت القطع بواسطة لولب (BOLTS) والصا A NUTS بشكل اوتوماتيكي من قبل البرنامج لتسهيل عملية الحساب ضمن بيئة البرنامج بقوة شد محورية تقدر بـ (20)N لكل لولب وبحيث تكون



مصنعة من الفولاذ السبائكي ALLOY STEEL الشكل النهائي بعد تطبيق التشبيك بجودة عالية يتألف من (٥٠١١٨) عقدة و (٢٣٩٧١) عنصراً (الشكل 2-B والشكل 2-C).

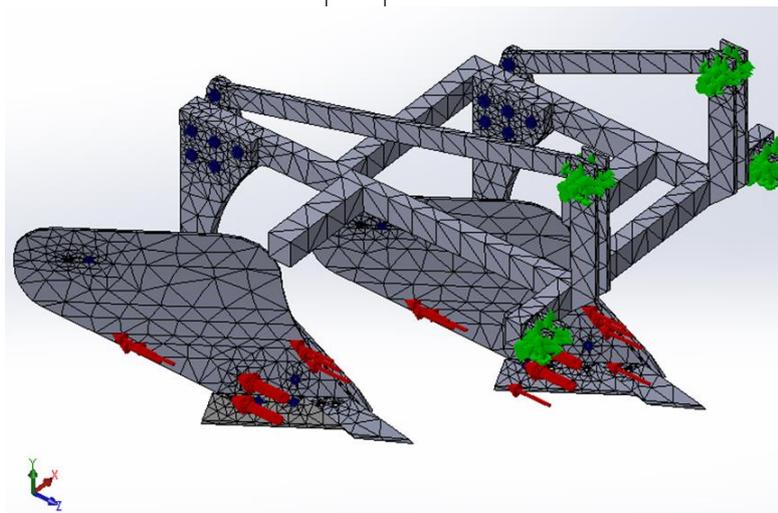
الشكل (2-A) نقاط التعليق و اتجاه القوى المؤثرة



الشكل (2-A) نقاط التعلية، و اتجاه القوى المؤثرة

C

C



الشكل (2-B) نموذج رقمي للمحركات المطرحي المدروس

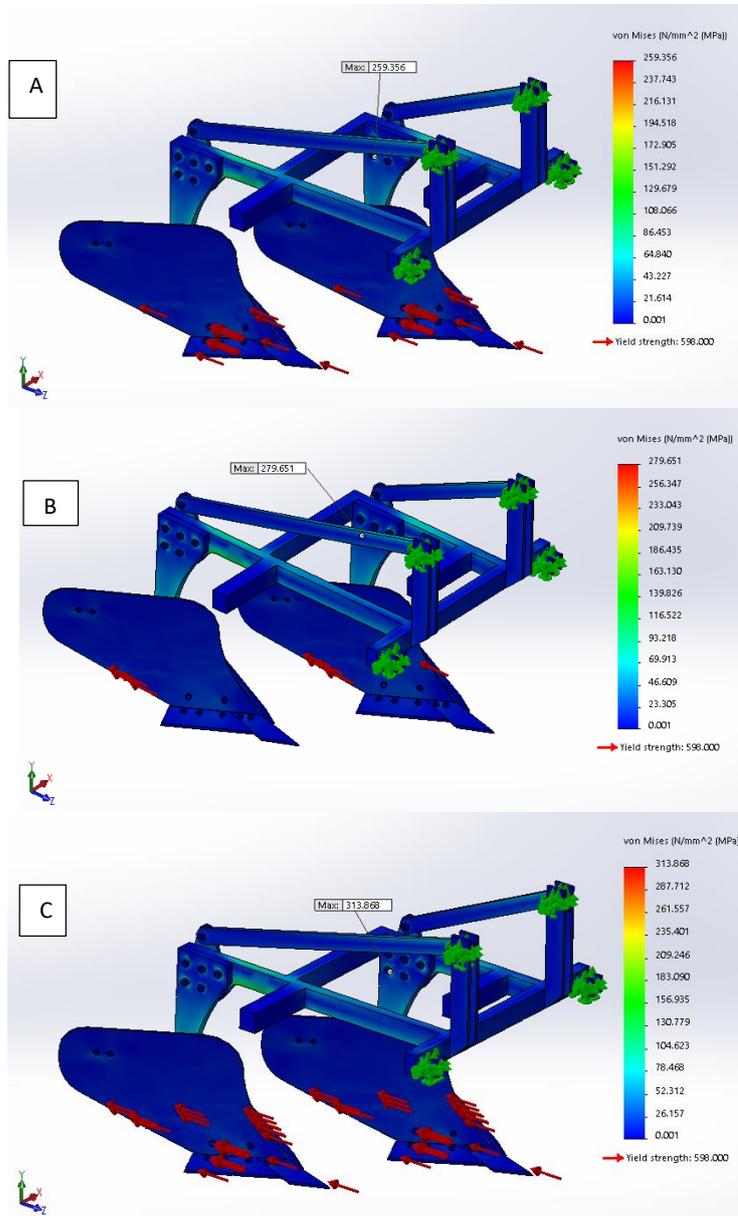
Study name	MBP140 (-Default-)	Study name	MBP140 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh	Analysis type	Nonlinear - Static
Mesh Used	Curvature based mesh	Mesh type	Solid Mesh
Jacobian points	4 points	Start time	0
Max Element Size	88.0365 mm	End time	190
Min Element Size	17.6073 mm	Time increment	19 secs
Mesh quality	High	Large displacement formulation	On
Total nodes	50118	Update load direction with deflection	Off
Total elements	23971	Large strain formulation	Off
Maximum Aspect Ratio	87.794	Save data for restarting the analysis	Off
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	55.4	Thermal Effect	Include temperature loads
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	2.54	Zero strain temperature	298
% of distorted elements (Jacobian)	0	Units	Kelvin
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off	Solver Type	FFEPlus
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:11	Incompatible bonding options	Simplified
Computer name	KAY-PC	Control technique	Force
		Iterative technique	NR(Newton-Raphson)
		Integration Method	Newmark

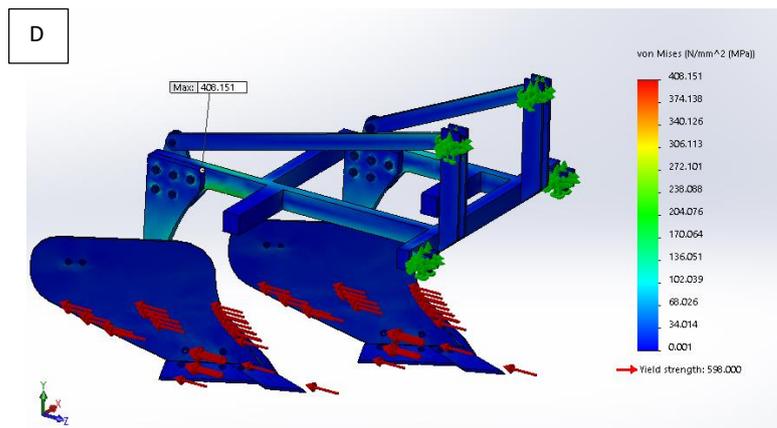
الشكل (2-C) خواص شبكة المادة

2-دراسة التعب:

جرى اعتبار أن الإجهاد المؤثر يتغير من النقطة الصفرية وحتى القيمة الأعظمية P_{max} وبدون عكس لاتجاهه كون المحركات يتحرك باتجاه واحد فقط، وبدون تغيير في اتجاه القوى المؤثرة. وجرى اعتبار التداخل في مطال الإجهادات المؤثرة عشوائياً (constant amplitude event interaction – random interaction) وذلك لإعطاء نتائج أكثر دقة واعتماد حساب كثافة الإجهادات الرئيسية (stress – computing alternating stress using Goodman intensity P_1 - P_3) واعتماد طريقة Goodman في تصحيح متوسط الإجهاد وهو مناسب للمواد القصفة. وجرى

اعتبار عدد دورات الإجهاد ١٠٠٠٠٠٠٠ هو عدد الدورات المقابل لدورة الإجهاد اللانهائية. وتم تحديد No. of bins for rainflow counting بحيث يكون ٢٥.





النتائج والمناقشة:

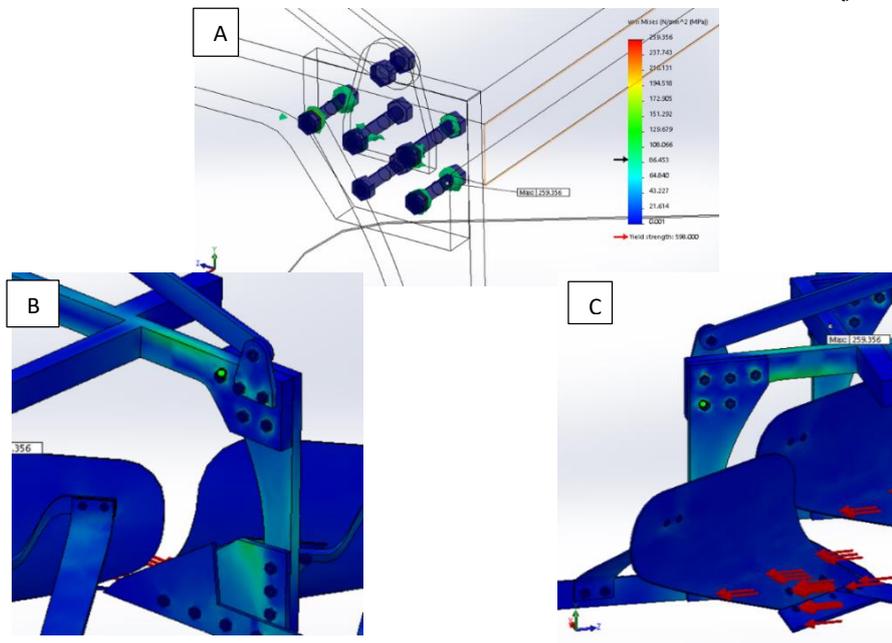
١-توزيع الإجهادات:

من خلال ملاحظة نتائج النمذجة الحاسوبية نلاحظ مدى حساسية استجابة المحراث لعمق الحراثة حيث زادت قيم الإجهاد الأعظمي مع زيادة عمق الحراثة بشكل ملحوظ؛ إذ بلغت قيم الإجهاد الأعظمي von Mises القيم الآتية: (259.35, 279.65, 313.868, 408.151)Mpa) متركزة حول تقوَب البراغي وذلك على الأعماق المدروسة على الترتيب (14,16,20,24)cm) يفسر هذا الأمر عملياً بزيادة ضغط التربة على المحراث نتيجة زيادة مساحة التماس، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة في الطاقة اللازمة للحراثة، وهذا يتفق مع ما توصل إليه AKINICI. وآخرون (2010) في دراستهم حول تحسين المحراث تحت التربة؛ حيث أظهرت نتائج التحليل تركز الإجهاد الأعظمي حول براغي تثبيت القصبية بالهيكل مما يجعلها المنطقة الأكثر تعرضاً للخطر. وبمقارنة قيم الإجهاد المتحصل مع إجهاد الخضوع لمادة المحراث من الجدول (2) نجد أن قيم الإجهاد الأعظمي أقل من قيمة إجهاد الخضوع لمادة المحراث والبالغة (589)Mpa وبالتالي المحراث يعمل بأمان ضمن الظروف الحقلية من دون أن يتعرض للخطر (الشكل 3).

٢-مخططات تحليل الإجهاد مع الزمن:

من مخططات تحليل الإجهادات مع زمن المحاكاة يتضح أن قيمة الإجهاد ليست ثابتة خلال زمن المحاكاة حيث تظهر المخططات أن الإجهاد يتغير وفق علاقة لا خطية nonlinear response مع الزمن المدروس، باعتبار زمن المحاكاة (190)sec والخطوة (19)sec time increment يظهر منحنى الإجهاد مع الزمن سلوكاً متشابهاً في جميع العقد المدروسة بشكل عام حيث تبدأ بقيم أعظمية ثم تقل تدريجياً. العقد الأخطر كما يظهر التحليل: العقد رقم (29924) الشكل (4-A)، العقد رقم (5419) الشكل (4-B)، العقد رقم (25447) الشكل (4-C) بالنسبة إلى العقد (25447) لا تتغير قيمة الإجهاد تغيراً كبيراً عند العمل على أعماق (14, 16, 20)cm مع الزمن حيث بلغت (253, 273.6, 308)Mpa على الترتيب تفسر هذه الظاهرة بأن موجة الإجهاد يتم امتصاصها من قبل عتالة أجزاء المحراث على هذه الأعماق الأمر الذي يؤدي إلى عدم تغيرها بشكل كبير مع الزمن لكن لا يحدث ذلك عند الأعماق الأكبر (24)cm حيث يحدث انخفاض كبير نسبياً في قيمة الإجهاد الناتج لكن لفترة محدودة حيث يعود للارتفاع مع زمن المحاكاة حتى بلوغ قيمة مساوية للقيمة الأولية يفسر هذا الأمر أنه وبزيادة عمق الحراثة إلى حد تصل فيه التربة إلى مستويات مرتفعة من المطرحة يتم امتصاص موجة الإجهاد بشكل كلي من قبل جميع الأجزاء تحت التربة لكن

يعود للارتفاع مجدداً نتيجة انتقاله إلى اللولب مع تقدم المحراث حيث تبلغ قيمته (401)Mpa. بالنسبة إلى العقدة رقم (5419) نلاحظ سلوكاً مشابهاً لكل من الأعماق (14, 16, 20)cm لما هو عليه في العقدة (25447) حيث بلغت قيم الإجهاد (259, 279, 313)Mpa جنباً إلى جنب مع العمق (24)cm والذي تبلغ قيمة الإجهاد فيه (406.1)Mpa كما كانت قيمة الإجهاد في نهاية المحاكاة بالنسبة إلى العقدة رقم (29924) مماثلة لما هو عليه في العقدة (5419) مع وجود تغيير في شكل منحنى (الإجهاد - الزمن) حيث كان الإجهاد أكبر ما يمكن في بداية المحاكاة وانخفضت قيمته مع التقدم في زمن المحاكاة. تظهر هذه الدراسة تغير قيم الإجهاد الحاصل لحظياً وبشكل غير خطي مع الزمن واختلاف الإجهاد بين نقطة وأخرى من هيكل المحراث حيث يظهر أنه مع زيادة العمق يزداد التفاوت في قيم الإجهادات الحاصلة كما أن العقدة رقم (29924) سجلت أكبر قيمة للإجهاد على كافة الأعماق مما يجعلها العقدة الأخطر في هيكل المحراث.

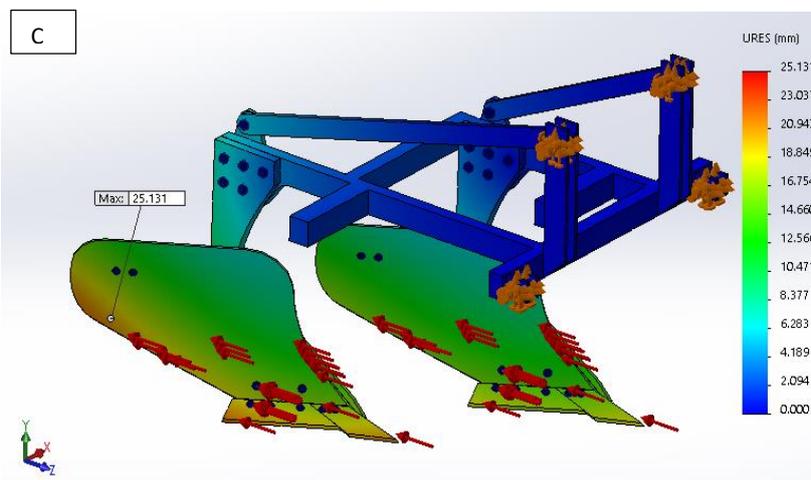
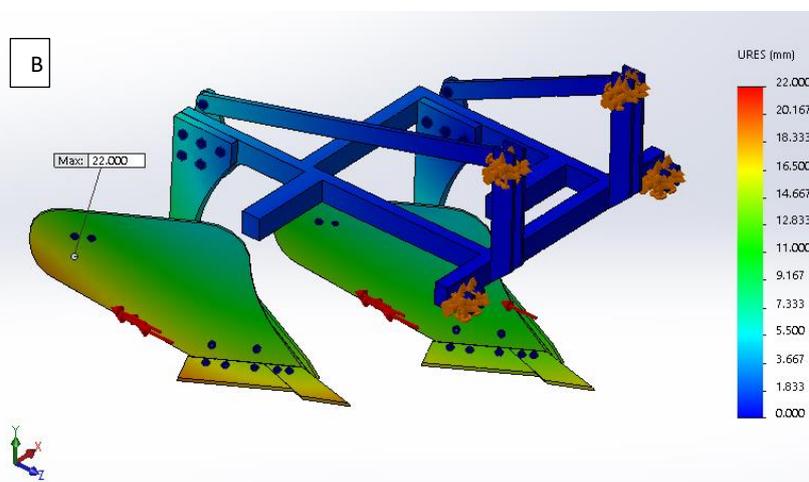
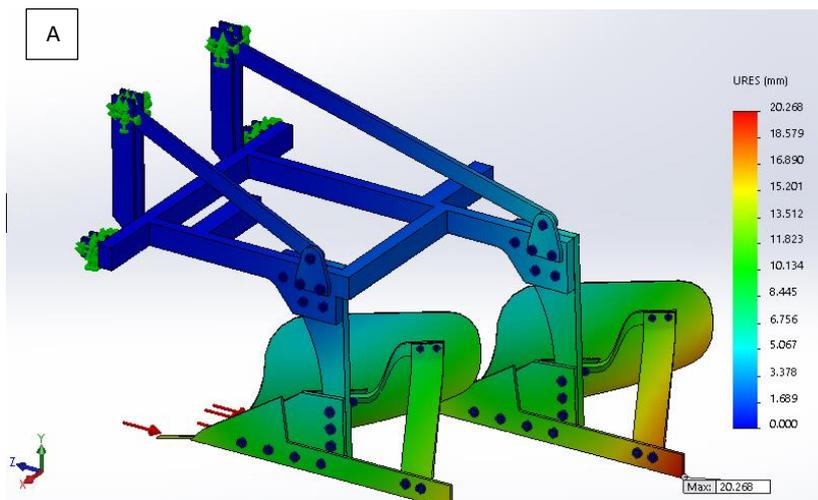


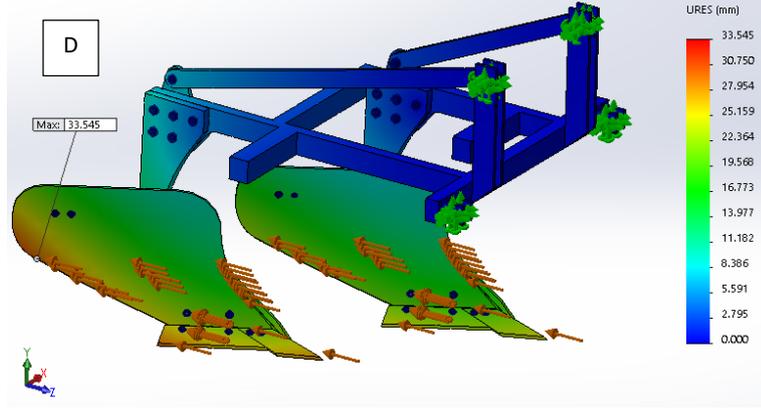
الشكل (4) أماكن العقد الخطرة: (A) العقدة رقم (29924) (B) العقدة رقم (5419) (C) العقدة رقم (25447)
جدول (4) مخططات تحليل الإجهاد مع الزمن

العمق		قم العقدة
١٦cm	١٤cm	5447
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 25447 204.383, 2.73806e+008</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 25447 184.673, 2.52745e+008</p>	419
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 5419 205.449, 2.78972e+008</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 5419 184.156, 2.58525e+008</p>	9924
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 29924 204.732, 281.1</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 29924 101.97, 260.682</p>	

.....تابع الجدول (4)

العمق		قم العقدة
24cm	20cm	5447
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 25447 131.071, 401.59</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 25447</p>	419
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 5419 132.649, 408.12</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 5419 0, 0</p>	
<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 29924</p>	<p>Nonlinear Response</p> <p>Node 29924 0, 0</p>	





الشكل (5) قيم الانزياحات عند أعماق الحراثة المدروسة (A العمق 14cm (B العمق 16cm (C العمق 20cm (D العمق 24cm

٣- الانزياحات:

زادت قيم الانزياحات الحاصلة في المحراث (20.268, 22.00, 25.131, 33.545)mm مع زيادة الأعماق المدروسة (14, 16, 20, 24)cm عند جميع نقاط المحراث نتيجة زيادة القوة المؤثرة، والتي تشكل عزمًا دورانيًا حول نقاط التعليق؛ وينخفض هذا التأثير كلما اقتربنا من نقاط التعليق نتيجة انخفاض العزم المطبق، كما يظهر الشكل (5) تركز الانزياحات بقيم عظمى في الجزء الخلفي من المحراث، وذلك بسبب تراجع بدن المحراث عكس اتجاه الحركة نتيجة الضغط المتشكل من قبل التربة (المقاومة النوعية للحراثة)؛ حيث إنه بزيادة عمق الحراثة تزداد مساحة التربة المعاملة وبالتالي يزداد رد فعل الشرائح الترابية المقطوعة التي تحاول دفع المحراث إلى جانب شريحة التربة غير المقطوعة؛ وهذا ما وجدته DEHKORDI.H وآخرون (2013) في دراستهم عن تحليل الإجهادات والانزياحات في المحراث المطرحي تحت ظروف عمل حقلية باستخدام طريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج الـ CATIA حيث تركزت الانزياحات بقيمها العظمى في الجزء الخلفي من المحراث.

٤- القوى المؤثرة على اللولب:

يتعرض اللولب بشكل عام إلى تأثير ثلاث قوى أساسية وهي: قوى قص تسبب إجهادات قص على اللولب تحمل على تحطم اللولب وتعرضه للكسر، وقوى محورية وعزم التواء تعمل على توليد إجهادات شد وضغط تؤدي إلى تغيير في أبعاد وشكل اللولب وتخفيض قوى التثبيت وتزعزع استقرار المحراث الأمر الذي يعمل على تغيير خصائص عملية الحراثة. كما هو موضح بالجدول (5) نلاحظ العلاقة العكسية بين قوى القص والقوى المحورية مع تغير زمن المحاكاة حيث تنخفض قوى القص مع الزمن عند عمق (14,16,20)cm لتثبت عند قيمة معينة بعد فترة معينة وبشكل معاكس للقوى المحورية، لكن وبالنسبة إلى العمق الأكبر (24)cm نلاحظ وجود تغيير متماثل بين كل من قوة القص والقوى المحورية. كما نلاحظ زيادة كبيرة في قيمة القوة المحورية بلغت (13.7)KN وهي أكبر بكثير من القوى المحورية عند الأعماق الأقل (٥,٥ ضعفًا من العمق (14)cm، ٤,٧ ضعفًا من العمق (16)cm، ٣,٧ ضعفًا من العمق (20)cm)، أي أن اللولب يتعرض بشكل مستمر لإجهادات شد تزداد بزيادة عمق الحراثة. أما بالنسبة إلى قوى القص فهي تزداد بزيادة العمق لكنها تعود لتتخفف عند العمق (24)cm وبشكل أقل من جميع الأعماق السابقة، وذلك نتيجة الإنزياح الحاصل في أجزاء المحراث والذي يغير من اتجاه قوى القص المؤثرة خلال زمن المحاكاة وظهور إجهادات شد على حساب إجهادات القص، مما يؤكد أهمية شكل المحراث في تغيير القوى المؤثرة على اللولب.

أما بالنسبة إلى عزم الانحناء فلم يكن هنالك تغيير كبير في قيمته مع زيادة العمق، مع ملاحظة انخفاض بسيط لا يتجاوز (3-4) N.m عند أعماق (14,16,20)cm. وذلك نتيجة عدم حدوث تشوهات كبيرة في أجزاء المحرث تؤدي إلى ظهور عزوم انحناء تشوه اللولب. وهذا أمر نادر الحدوث في الواقع العملي حيث تظهر أغلب أضرار اللولب بين الكسر الناتج عن إجهادات القص والتحطم الناتج عن قوى الشد المحورية.

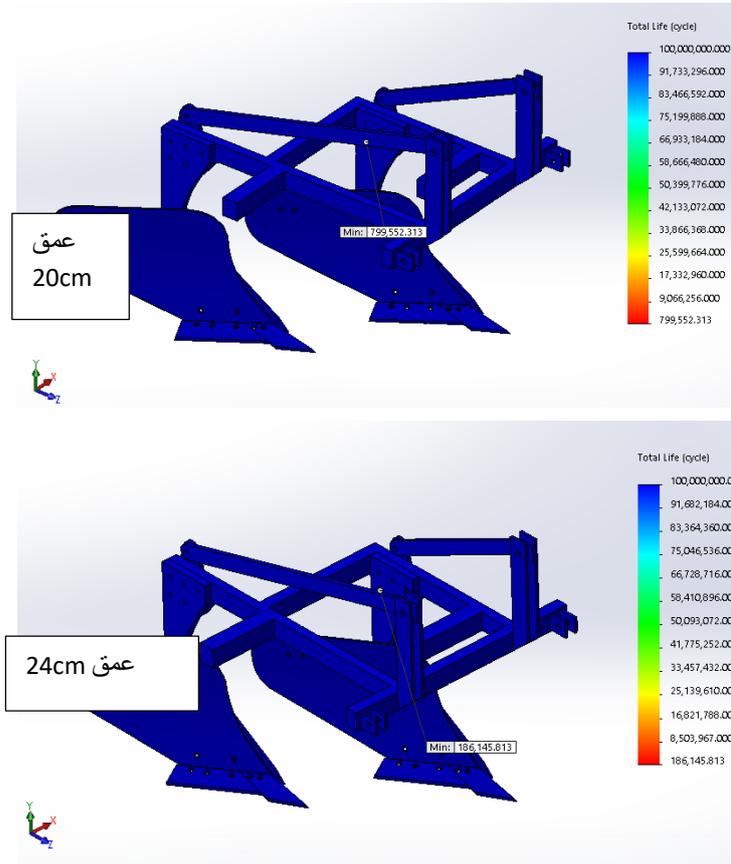
عزم الالتواء (N.m)	قوى محورية (N)	قوى القص (N)	لعمق
			٤
			٦
			٠
			٤

الجدول (5) مخططات تغير القوى مع الزمن

٥-دراسة التعب:

المحراث يتحمل الإجهادات المؤثرة وفق شروط الدراسة السابقة على التعب، أي لا يحدث أي تحطم لأجزائه مهما كان زمن العمل؛ حيث إن أقل قيمة لمعامل الأمان (3.698, 3.414, 3.052, 2.351) على الأعماق المدروسة:

cm (14, 16, 20, 24) على الترتيب، أي أن عدد دورات الإجهاد لانتهائي أي يعمل المحراث بأمان مهما كان زمن العمل. ولكن بزيادة معدل التحميل أي زيادة معدل الإجهادات المؤثرة، حيث يعمل المحراث في ظروف صعبة للغاية تؤدي إلى إجهاده بشكل كبير؛ حيث بلغت نسب التحميل في نافذة البرنامج (3.5, 4.1, 4.5, 5) كانت قيم الحياة للمحراث على الأعماق المدروسة: (112489, 692092, 799552, 186145)cycles المقابلة لمعامل الأمان بقيمة أقل من الواحد أي أن تقوب البراغي ستوسع بعد فترة من الاستخدام معادلة لدورات الحياة المذكور الشكل (6).



الشكل (6) عدد دورات الإجهاد في المحراث عند الشروط الحدية

الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت نتائج المحاكاة ارتباط قيمة الإجهاد الأعظمي بالعمق المدروس؛ حيث إنه بزيادة العمق زادت قيمة الإجهاد فكانت بالقيم المتزايدة الآتية: (259.35, 279.65, 313.868, 408.151)Mpa متركزة بالقرب من تقوب براغي الربط، وبتحليل الإجهادات الحاصلة مع الزمن أظهرت النتائج أن قيم الإجهادات غير ثابتة مع زمن الاختبار إنما متغيرة، كذلك زادت قيم الانزياحات الحاصلة: (20.268,22.00,25.131,33.545)mm بالترتيب مع زيادة العمق.

أظهرت نتائج المحاكاة الديناميكية للتعب أن المحراث يعمل بأمان بشكل كامل تحت الظروف المدخلة الموافقة للظروف الحقلية. يوصى باستخدام هذه البرامج لما لها من أهمية في توفير الجهد والتكلفة، إلى جانب إعطاء نموذج رقمي يحاكي الواقع العملي للآلة يمكننا من التنبؤ بالإجهادات في الآلة الزراعية؛ أماكن تركزها وقيمة الحياة المتوقعة لأجزاء الآلة وفق شروط العمل المدخلة، كذلك أهمية البرنامج في تحديد أماكن أو نقاط الضعف في هيكل الآلة الزراعية؛ مما يعطي فكرة واضحة حول إمكانية دعم نقاط الضعف أو تقويتها أو استبدالها قبل التصنيع بمواد تعطي قيمة حياة أفضل في ظروف العمل القصوى التي يمكن أن تتعرض لها الآلة؛ مما يساهم أيضاً في تحسين المردود الاقتصادي.

المراجع العلمية:

- عبد الله، عادل؛ دحام، غزوان، 2018. تحليل الإجهادات النظرية والعملية مع بعض المؤشرات الحقلية لتقييم أداء أسلحة المحراث المطرحي القلاب المصنعة محلياً أثناء الحراثة، المؤتمر الدولي العلمي الثالث للعلوم الزراعية، جامعة كركوك.
- الطحان، ياسين؛ علي، ملا؛ جميل، صباح، 2007. التصميم الميكانيكي للمحراث المطرحي، كلية الزراعة جامعة الموصل.
- البناء، عزيزرمو، 1990. معدات تهيئة التربة مديرية دار الكتب للطباعة والنشر جامعة الموصل، 1990.
- ABU-HAMDEH.NH; REEDER.RC, 2003. *A nonlinear 3D finite element analysis of the soil forces acting on a disc plow*. Soil and Tillage Research, 115-124.
- AKINCI.I, 2011. *Agricultural Machinery Lecture Notes*. Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery, Antalya, TURKEY.
- AKINCI.I ; TOPAKCI.M; CELIK.H.K; CANAKCI.M; RENNIE.A.W; KARAYEL.D, 2010. *Deep tillage tool optimization by means of finite element method: Case study for a subsoiler tine*. Journal of Food, Agriculture & Environment, WFL publisher, Helsinki, Finland, 8 (2), 531-536.
- CELIK.H.K; RENNIE.A; AKINCI.I, 2012. *Non-Linear Stress Analysis for the Bolt Connections of A Chisel Tine Using Finite Element Method*. Conference Paper . Akdeniz University Lancaster University.
- CHANDRUPATLA.TR; BELEGUNDU.AD, 1991. *Introduction to finite elements in engineering*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- DEHKORDI.H; SAMAN.M; DEHKORDI.S; JESHVAGHAN.H, *comparison and optimization of graphical methods of mouldboard plough bottom design using computational simulation*. Journal of American science, 9(6), 2013.

- FIELKE.JM, 1988. *The Influence of the Geometry of Chisel Plough Share Wings on Tillage Forces in Sandy Loam Soil*. The Department of Civil and Agricultural Engineering University of Melbourne. Master of Engineering.
- FORMATO. A, et al, 2005. *Numerical simulation of soil-plough moldboard interaction*. Biosystems Engineering 92, 309-316.
- KRAMADIBRATA. A. M, 2009. *Mapping Stress and Strain Distributions on Geometric Structures Of Mouldboard Ploughs Due to Soil Draft Resistance*. "10th International Agricultural Engineering Conference", AIT, Bangkok Thailand.
- LESLIE. J; AGUILA.M, *Resistive behavioral assessment of the multi-plow MAU-250 working implement*. Acta Agronómica. 64 (1), 2015, 23-30.
- LUTH. HJ; WISMER. RD, *Performance of plane soil cutting plates in sand*. Transactions of the ASAE 14 , 1971, 255-259.
- OKURSOY. R, 2012. *Agricultural Machinery Lecture Notes*. Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery, Bursa, TURKEY.
- SEBASTIAN.G; NOWAK.M; GARUS.J; NABIALEK.M; SZOTA.M; BLOCH.K, 2014. *The influence of pressure to the stresses inside the plough body*. Journal of Achievements in Materials and manufacturing Engineering, 66/2, 73-80.
- SELVI .K; KABAS.Ö, 2018. *USE OF SOLIDWORKS IN DESIGNING AGRICULTURAL MACHINES (A SAMPLE: ROTARY TILLER)*. International Journal of Engineering, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, ROMANIA, 100-106.
- WEAVER. J.W; JOHNSTON.P.R, 1992. *Finite Elements for Structural Analysis: (Translation)*, P.T. Eresco Bandung, 1-63, 272-288.